FÉMKORRÓZIÓ

Dr. Kausay Tibor

2007/10/8 13:26

KORRÓZIÓ

A korrózió bonyolult mechanizmusú *redoxi folyamat*.

Redoxi folyamatoknak (*red*ukciós-*oxi*dációs folyamatoknak) vagy redoxi reakcióknak nevezzük azokat a kémiai reakciókat, melyek az oxidációfok (lásd a következő dián: oxidációs szám) megváltozásával járnak. Ezekben a folyamatokban az egyik reakciópartner felvesz, a másik pedig veszít, lead elektronokat.

Az elektront leadó partner oxidálódik, oxidációs száma nő. Ezek a reakciópartnerek a redukálószerek.

Az elektront felvevő partner redukálódik, oxidációs száma csökken. Ezek az oxidálószerek.

Az oxidációs szám az egyes atomok oxidációs állapotának leírására szolgáló előjeles egész szám.

Az elemi állapotú anyagok oxidációs száma 0 (nulla), a pozitív értékek oxidált, a negatív értékek pedig redukált állapotra utalnak.

Az oxidációs számok a redoxi reakciók során változhatnak meg.

Az oxidációs szám jelzi az egyes atomok *fiktív* (kovalens kötés esetében, pl. HCl) vagy *valós* (ionos kötés esetében, pl. NaCl) elektromos töltését.

https://hu.wikipedia.org/wiki/Oxid%C3%A1ci%C3%B3s_sz%C3%A1m)

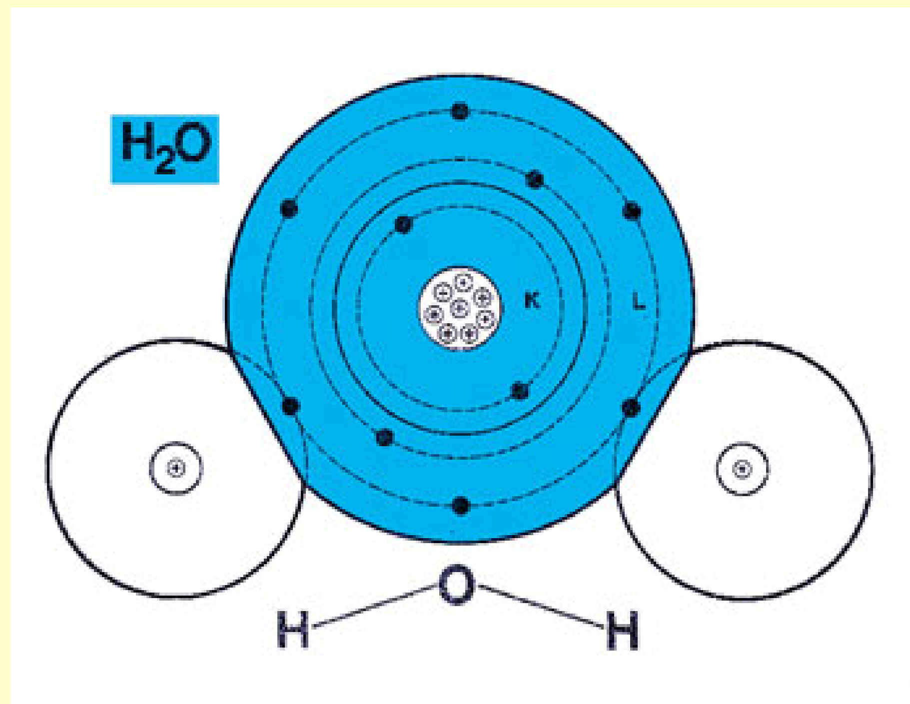
Példa: $2 \cdot H_2 + O_2 = 2 \cdot H_2O$

A vízmolekula keletkezése

A fenti folyamat leírása:
a hidrogéngáz (H_2)
égése oxigén (O_2) jelenlétében.

A hidrogén oxidálódik (redukálószer), miközben az oxigén redukálódik (oxidálószer).

Az oxigén oxidálja a hidrogént.



Forrás: www.kelettanert.hu/kepek/H174203.jpg

Oxidáció: elektron átadás. Például: $2 \cdot H_2 + O_2 \rightarrow 2 \cdot H_2O$ esetén a 0 oxidációs fokú hidrogén átadja az elektronját az oxigénnek, ezzel a hidrogén oxidációs foka +1-e növekszik, tehát oxidálódik.

Redukció: elektron felvétel. Például: $2 \cdot H_2 + O_2 \rightarrow 2 \cdot H_2O$ esetén az oxigén felveszi a két hidrogén atomtól az egy-egy elektront, ezzel az oxigén oxidációs foka 0-ról -2-re csökken, tehát redukálódik.

(http://www.gyakorikerdesek.hu/tudomanyok__termeszettudomanyok__737872-mit-jelent)

Oxidációs számok szabályai:

1. Elemek oxidációs száma mindig nulla. Pl: He, Na, O_2...
2. Az egyszerű ionok oxidációs száma az ion töltésével egyenlő. Pl: Na^{+}=+1, Al^{3+}=+3
3. Egy molekulán belül az az egyes atomok oxidációs számainak indexszámokkal szorzott összege mindig zérus. Pl: NH_3 H=+1 akkor N=?
   0=3*(+1)+1*x → N=-3
4. Alkálifémeké mindig +1
5. Alkáliföldfémeké mindig +2
6. Az oxigéné általában -2 (Kivéve peroxidokban -1)
7. A hidrogéné általában +1 (Kivéve hidridekben -1)
8. A fluoré mindig -1

Oxidációs egyenletrendezés lépései

1. Írjuk a szokásos módon a reagáló anyagokat az egyenlet bal oldalára, míg a termékeket a jobb oldalra! Pl: MnO_2+ Al→ Mn+ Al_2O_3
2. Jelöljük az egyes atomok oxidációs számait!
   +4 -2 0 0 +3 -2
   MnO_2+Al → Mn+ Al_2O_3
3. Állapítsuk meg az oxidációsszám-változásokat! (A termékekben szereplő atom oxidációs számából vonjuk ki a kiindulási anyagban szereplő atom oxidációs számát!)
   Mn: 0-(+4)=-4 redukálódott
   Al: (+3)-0=+3 oxidálódott
4. Válasszuk meg az atomok arányát úgy, hogy az oxidációsszám-változások összege zérus legyen! (Keressük meg az oxidációsszám-változások legkisebb közös többszörösét, és a változásokat szorozzuk meg olyan egész számokkal, hogy értékük ezután a legkisebb közös többszörössel legyen egyenlő!)
   Mn: 0-(+4)=-4 /*3 → -12
   Al: (+3)-0=+3 /*4 → +12

Dr. Kausay Tibor

(http://users.atw.hu/gyufakutya/.../Oxidacios%20szamok%20szabalyai.doc)

KÉMIAI KORRÓZIÓ

A korrózió bonyolult mechanizmusú redoxi folyamat. □

Kémiai korrózió esetén a korrodáló szerkezeti anyag és a vele érintkező korrozív közeg komponensei között, - azaz a fázishatáron, - elektromos töltésátmenet nem következik be. Természetesen itt is a korrodálódó anyag oxidációjáról van szó, azonban ez az oxidáció nem jár elektromos töltések térbeli szétválásával.

Kémiai korrózió a fémek savakban történ oldódása, a fémes szerkezeti anyagok gázokkal, - nedvesség kizárása mellett, - történő kölcsönhatása.

ELEKTROKÉMIAI KORRÓZIÓ

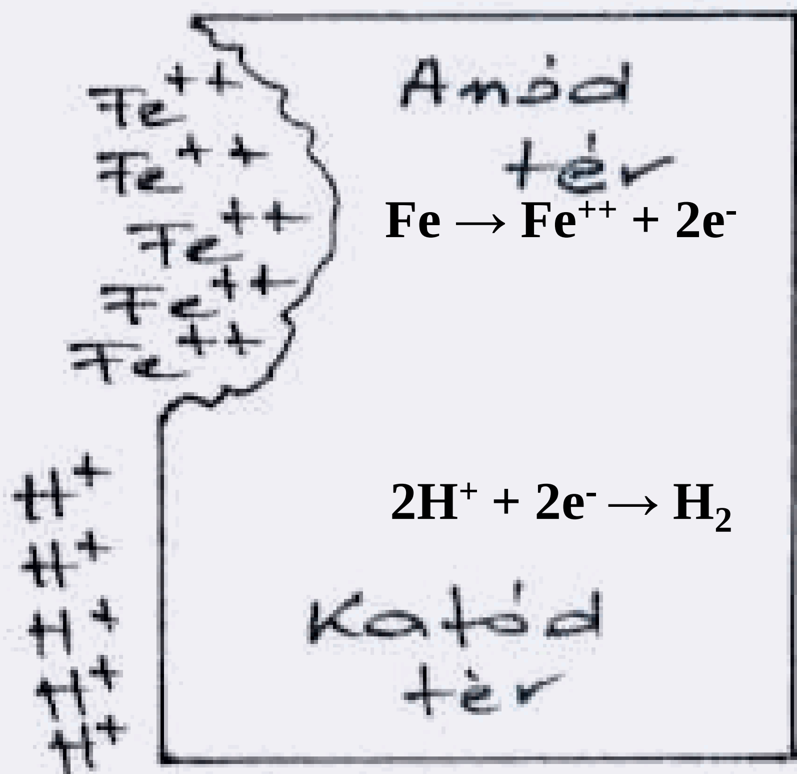
Elektrokémiai korrózióról akkor beszélünk, ha a korrodáló szerkezeti anyag oxidációja és az „oxidáló” anyag redukciója térben elkülönülve, töltésátadással – legalább 1 atomátmérőnyi méretben, - elkülönülve megy végbe. □

A térbeli elkülönülés természetesen makroszkópikus mérték is lehet. □

Az oxidáció és a redukció térbeli elkülönüléséhez elektromos vezetőképességgel rendelkező folyadék, elektrolit (oldat, vagy só-olvadék) jelenléte elengedhetetlenül szükséges. □

A fémes szerkezeti anyag felületével érintkező elektrolit és a fém határfelületén elektromos kettősréteg, és ennek következtében elektromos potenciál alakul ki, azaz fémelektród(ok) jön(nek) létre.

(http://web.uni-miskolc.hu/home/web/wwwkoh/www/hun/kemiai_int/kollegak/o_banhidi/korrozio_1.pdf)

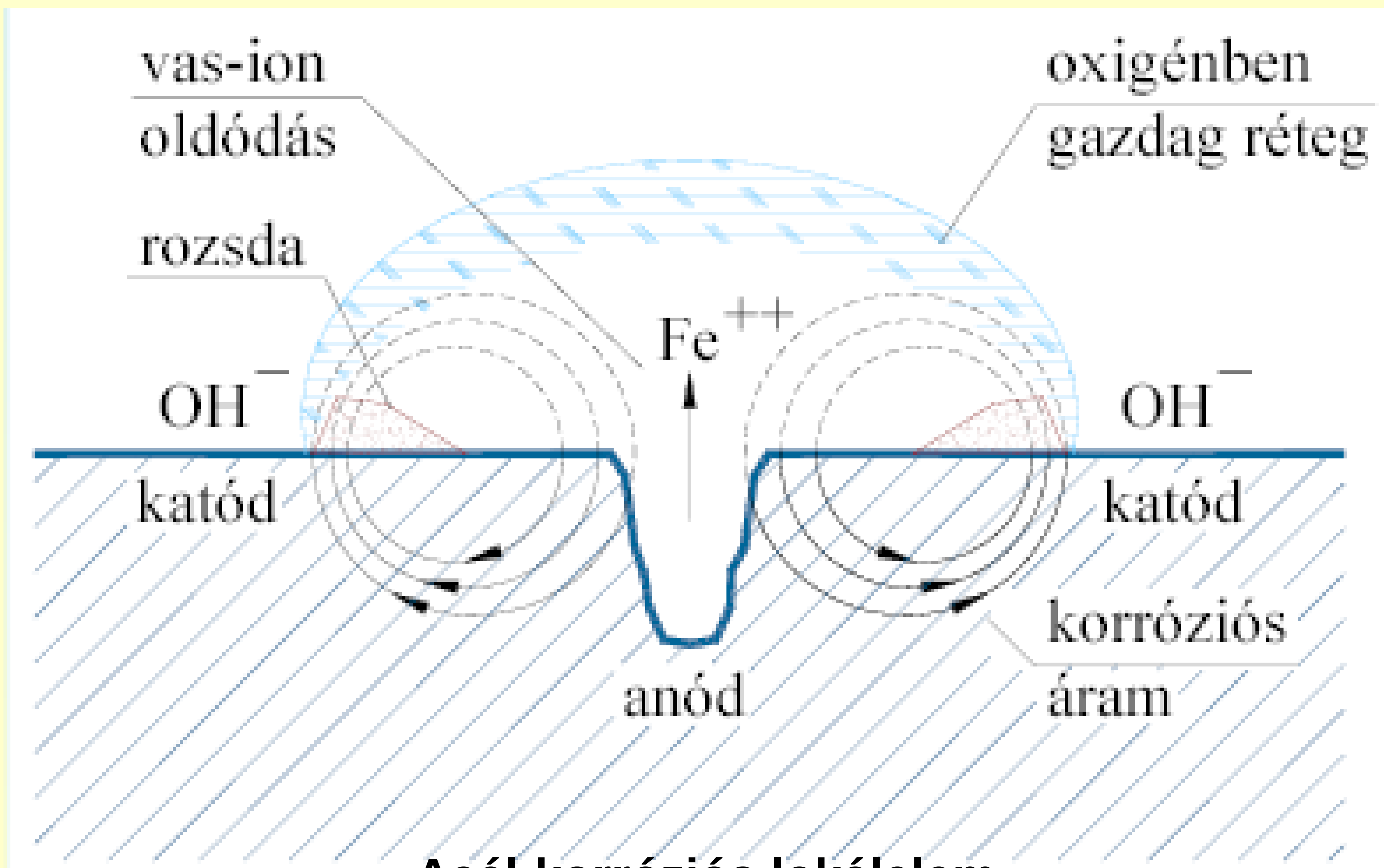


Az elektrokémiai korrózió kialakulásához szükség van egy anódra, egy katódra és egy elektrolitra, amely az anód és a katód között kialakuló elektromos áramot közvetíti. Mindig az anód korrodál inkább, mint a katód. Minél kisebb az anód felülete a katódéhoz képest, annál nagyobb a korrózió sebessége.

Anódok és katódok valamennyi vas és acél felületén kialakulnak. Ezeket felületi hibahelyek, szemcse-orientációk, a fém inhomogenitása, helyi feszültségek, vagy szennyezések jelenléte eredményezi.

Elektrolit jelenlétében fémionok mennek oldatba. Ugyanakkor a katódra hidrogén ionok vándorolnak, amelyek ott elektron felvétel révén hidrogén gáz formájában leválnak. A hidrogén filmet képez a katódon, amely lassítja a korrózió sebességét. Az atmoszférában bőségesen rendelkezésre álló oxigén bejutása ebbe a filmbe megszakítja a hidrogén filmet, a katód depolarizálódik, a korrózió sebessége megnő.

Forrás: http://www.geniusmbt.hu/szakcikkek/korrvedelem/korrozvedelem.htm



Acél-korróziós lokálelem

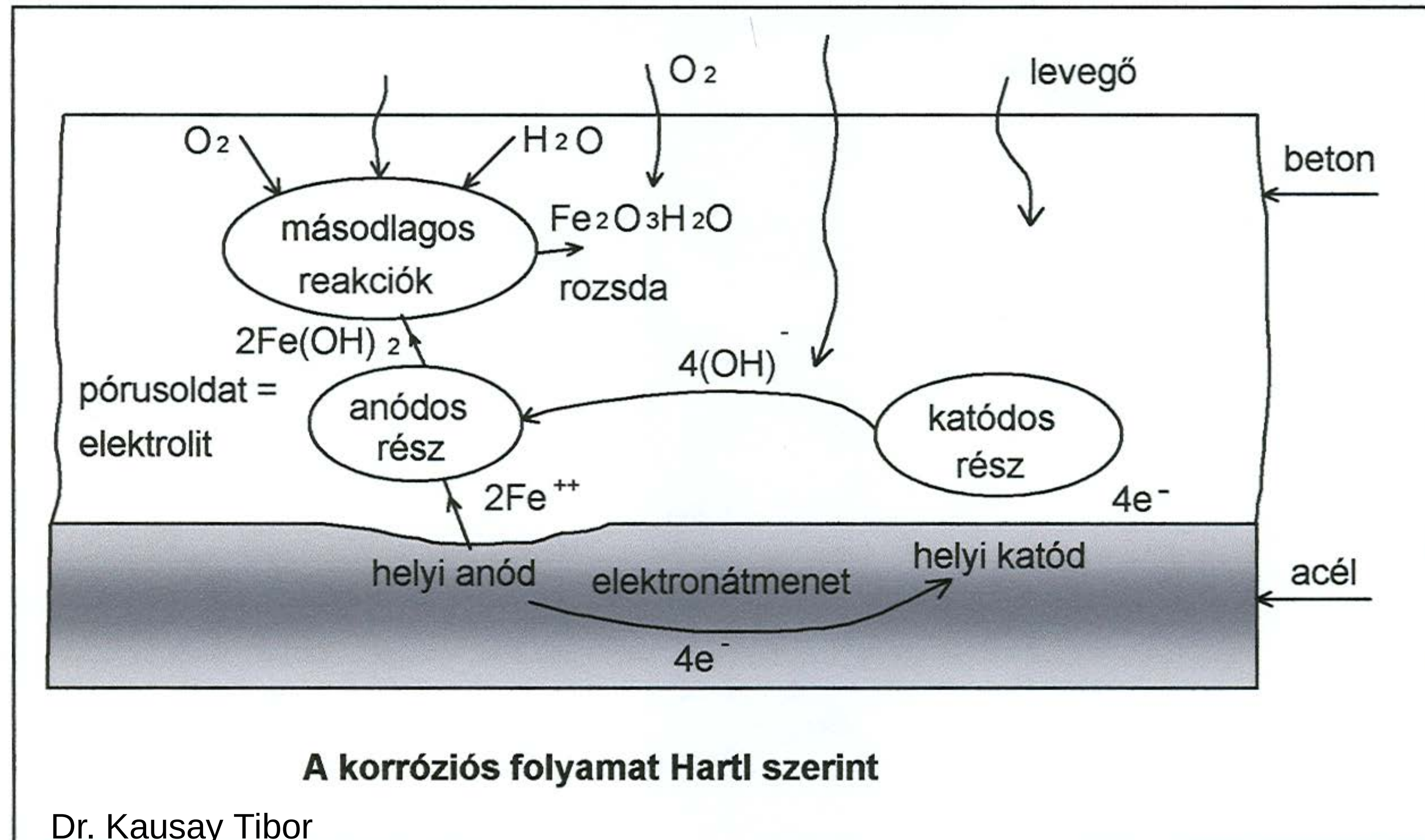
Forrás: *Németh György*:

www.sze.hu/~nemethgy/korrozio.pdf

FÉMKORRÓZIÓ

A környezet hatására az anyagok felületéről kiinduló változás, mely végül az egész tárgyat tönkreteheti. A fémek korróziója oxidáció, mely a fémeknek a levegő különböző komponensei hatására következik be.

Atmoszférikus korróziónak nevezik a szabad levegőn tárolt fémen fellépő korróziót. Ha az acél felületén vízcsepp van, akkor a cseppben lévő **oxigénkoncentráció különbsége miatt** egy **anódot** és egy **katódot** tartalmazó **helyi elem** alakul ki.



A korróziós folyamat Hartl szerint

Forrás: Salem NEHME: **Gyakorlati segédlet, 2007.**

Redukció fogalma

A redukció olyan kémiai folyamat, amelyben valamely vegyületből egy másik testnek behatása folytán a negatív alkatrészek (legtöbbször oxigén, kén, klór, stb.) részben vagy egészen elvonásra kerülnek, és ennek következtében az illető vegyületből egy kevésbé összetett test vagy a pozitív elem színállapotban áll elő.

Igy pl., ha sósavval elegyített ferriklorid (Fe_2Cl_6) oldatban cinkdarabokat teszünk, a (cink és sósavból) fejlődő hidrogén a ferrikloridból 2 klóratomot von el, minek folytán a vegyületből kevesebb klórt tartalmazó vegyület, a ferroklorid (Fe_2Cl_4) keletkezik; vagy ha a rézoxidot (CuO) hidrogénáramban hevítjük, ez elvonja a rézoxid oxigénjét, vele vizet képezvén, minek folytán színréz fog előállítani. Röviden szólva: a fejlődő hidrogén a ferritkloridot ferrokloriddá, a rézoxidot pedig rézfémmé redukálja.

A redukciót előidéző testet redukálószernek nevezik; ilyenek leggyakrabban a hidrogén, szén, továbbá bizonyos fémek (leginkább az alkálifémek) és vegyületek (szénoxid, szénhidrogének stb.). A redukció legtöbb esetben magas hőmérsékleten megy végbe, közönséges hőmérsékleten rendszerint csak akkor történik, ha a redukáló szer (pl. hidrogén) a fejlődés pillanatában találkozhat a redukálható vegyülettel, vagy pedig, ha a redukáló testnek redukáló képessége igen erélyes (ilyenek pl. igen sok szerves vegyület).

A redukció a különféle vegyületek előállításánál, kiváltképpen pedig a fémkohászatban játszik fontos szerepet, mert az iparban fontos fémek (vas, réz, cink, ólom, ón stb.) előállítása rendszerint oxidjaikból szénnel való redukció útján történik.

Oxidáció folyamata

Minden olyan folyamatot, amelyben atomok, molekulák vagy ionok elektront adnak le oxidációnak nevezünk (az elektronfelvétel a redukció). Oxidáció csak akkor mehet végbe, ha egy másik anyag (atom, molekula. ion) az elektronokat felveszi, azaz redukálódik.

Az ilyen értelemben összetartozó oxidálódó és redukálódó anyag együttesen ún. redoxi rendszert alkot.

Kovalens kémiai kötésben levő atom oxidációját az oxidációs számmal jellemezzük. Az oxidációs szám növekedése oxidációt, csökkenése redukciót jelent. Az, hogy egy redoxi rendszerben melyik anyag képes a másikat redukálni, illetve oxidálni, a redoxipotenciáltól függ (elektródpotenciál). A pozitívabb redoxipotenciálú (elektródpotenciálú) rendszer képes oxidálni a nála kevésbé pozitív (negatívabb) redoxipotenciálú (elektródpotenciálú) rendszert.

Forrás: http://www.kislexikon.hu/redukcio.html
http://www.kislexikon.hu/oxidacio.html

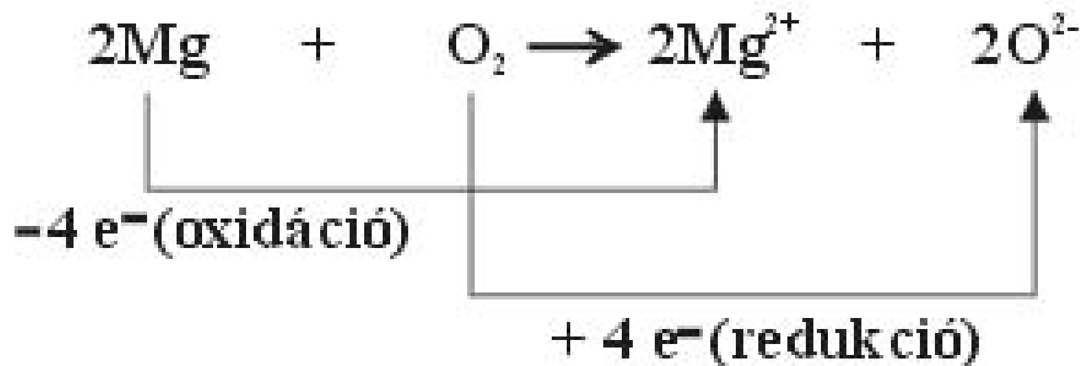
Az oxidáció elektron leadást, a redukció elektron felvételt jelent.

A két folyamat egymást feltételezi, mert egy anyag csak akkor oxidálódhat, ha a leadott elektronokat egyidejűleg egy másik anyag felveszi, így az oxidáló anyag a reakciópartner redukálószere, illetve a redukáló anyag a reakciópartner oxidálószere.

Példák:

a) Két elem reakciója:





b) Fémek és fémionok reakciója:

$$Cu + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag$$

$$Cu + 2Ag^+ \longrightarrow Cu^{2+} + 2Ag$$

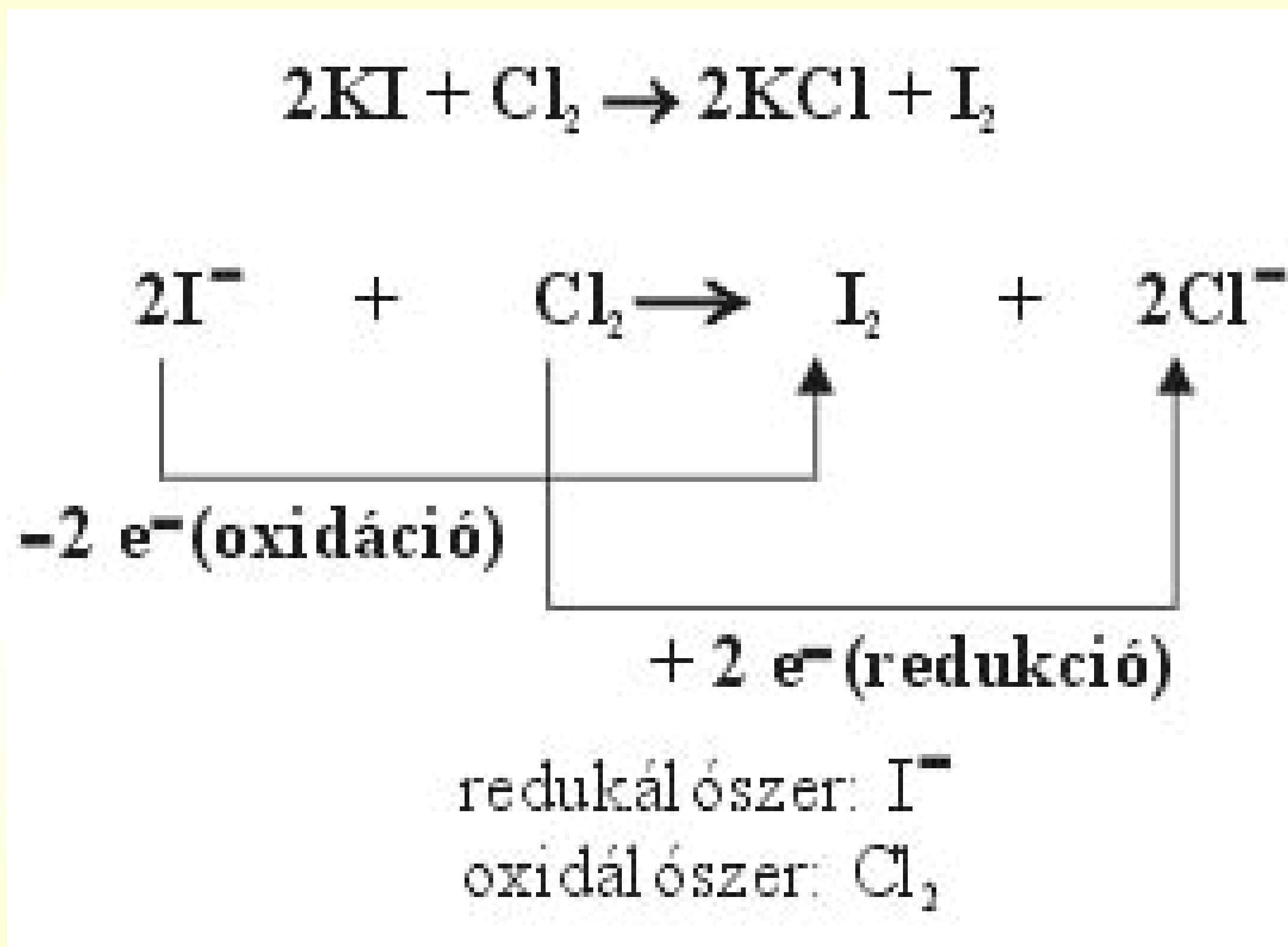
$-2\ e^-$ (oxidáció)

$+2\ e^-$ (redukció)

redukálószer: Cu

oxidálószer: Ag^+

c) Nemfém és nemfémből származó ion reakciója:

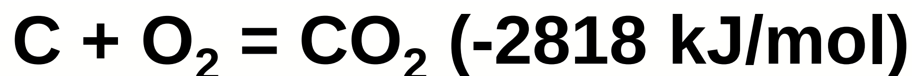


Forrás:
http://www.sulinet.hu/tovabbtan/felveteli/2001/10het/kemia/kemia10.html

Az oxidáció jelentősége

Az oxidációs folyamatok többnyire a *kémiailag kötött energia felszabadulásával járnak*, ezért energiatermelők.

Oxidáció során keletkezik hőenergia például a szén, illetve egyéb energiahordozók elégetése során a hőerőművekben.



Oxidációs (redox) folyamat a szőlőcukor átalakítása az élő szervezetekben, melynek során az élőlények az élet fenntartásához szükséges energiát nyerik.

Forrás:
http://hu.wikipedia.org/wiki/Oxid%C3%A1ci%C3%B3

Fémkorrózió megjelenési formái

Anódos korrózió: lyukkorrózió (pl. kloridkorrózió), kristályközi korrózió, transzkrisztallin korrózió, szelektív korrózió, lemezes korrózió, filiform korrózió, kontaktkorrózió (a fémek elektródpotenciáljának függvénye), atmoszférikus korrózió.

Katódos korrózió (a fém felületén keletkező hidrogén okozta rideggé válás)

Fémkorrózió megelőzés módjai

Aktív megelőzés: helyes anyag megválasztás, korróziót okozó körülmények megváltoztatása, inhibitorok (pl. beton) vagy passzivátorok alkalmazása, katódos védelem (a védendő fémhez egy pozitívabb elektródpotenciálú fémet kapcsolnak hozzá).

Passzív megelőzés: fémes bevonatok (kémiai, elektrokémiai, termokémiai eljárások), nem fémes bevonatok (lúgos oxidálás, foszfátbevonatok, eloxálás, zománcozás), szerves bevonatok (festék, lakk, műgyanta bevonatok), kombinált bevonatrendszerek.

Forrás: *Balázs György*: Építőanyagok és kémia. Tankönyvkiadó, 1984.)

MSZ 17213-1:1989 Építőipari korrózióvédelem fogalommeghatározásai. Beton- és vasbeton szerkezetek (Érvényes magyar szabvány)

Tartalom:

1. **Általános fogalmak**
2. **Korrózió típusok**
3. **Vizsgálatok**
4. **Primer korrózióvédelem**
5. **Felület előkészítés**
6. **Szekunder korrózióvédelem**

Függelék, amely betűrendes tárgymutató

MSZ EN ISO 12696:2017 A betonban lévő acél katódos védelme

DEUTSCHE NORM | Mai 2017

DIN EN ISO 12696



ICS 77.060; 91.080.40

Ersatz für
DIN EN ISO 12696:2012-05

Kathodischer Korrosionsschutz von Stahl in Beton (ISO 12696:2016);
Deutsche Fassung EN ISO 12696:2016

Cathodic protection of steel in concrete (ISO 12696:2016);
German version EN ISO 12696:2016

Protection cathodique de l'acier dans le béton (ISO 12696:2016);
Version allemande EN ISO 12696:2016

A beton pórusvizébe került kloridionok depassziválják az acétbetét felületét, amely oxigén jelenlétében korrodálni kezd, és lyukkorrózió kialakulásához vezet. E jelenség ellen védi az acélbetétet a katódos védelem, amely esetén az acélnál negatívabb elektródpotenciálú anód (például cink vagy alumínium-cink ötvözet) ad védelmet.

A VAS- ÉS ACÉLKORROZÓ FAJTÁI

Forrás:
http://www.geniusmbt.hu/szakcikkek/korrvedelem/korrozvedelem.htm

Ha a rozsdát megelemezzük, akkor azt találjuk, hogy az vasoxid. Ha a kibányászott vasércet elemezzük meg, akkor arról is azt fogjuk megállapítani, hogy az is vasoxid! A rozsda legstabilabb alakja az Fe_3O_4 .
A korrózió tehát az ember által végzett fémgyártásnak a természeti erők révén megfordított, ellentétes irányú folyamata.

- **Egyenletes vagy általános korrózió**

Elektrokémiai korrózió a teljes felületen, az anód és a katód állandó eltolódása következtében.

- **Lyukkorrózió**

Lokalizált elektrokémiai korrózió, amelyet a nagy katód felülethez képest kis anód felület eredményez.

- **Galvanikus korrózió**

Különböző fémeket összekapcsolva elektroliton keresztül az anódikus fém korróziója lényegesen nagyobb mérvű lesz, mint a katódikus fém.

- **Réskorrózió**

Az oxigénszint eltérései okozzák, rendszerint a levegő-folyadék fázishatárok mentén.

- **Eróziós korrózió**

Szilárd anyagok, folyadékok és gázok koptató hatása következtében fellépő mechanikai hatás következménye.

- **Feszültségkorrózió**

Az acélban meglévő feszültségek hatására az acélszemcsék anódokká válnak a szomszédos felületekhez képest, ami repedéseket idézhet elő.

- **Szemcseközi korrózió**

Szelektív korróziós hatás a fémben lévő szemcsék felülete mentén. Legáltalánosabb példája az ausztenites rozsdaálló acél hőkezelése során fellépő folyamat.

• **Súrlódási korrózió**

Eróziós korrózió, melyet a buborékok szétpattanása okoz az acél felületén. Például: hajócsavarok, szivattyú lapátkerekek, turbina lapátok felületén.

•**Ütközési korrózió**

Nagy sebességű folyadékok mozgása által okozott fizikai-kémiai hatás.

• **Rideg törékenység**

A hidrogén gáznak a fémbe való diffundálása révén következik be, ott ahol a fémben feszültségek lépnek fel.

• **Cinktelenedés**

Cink szelektív kiválása bronzból.

• **Grafitosodás**

Vas szelektív kiválása öntöttvasból, grafit hátrahagyásával.

• **Kóboráram**

Nedves talajokon következik be, ott ahol a fémek olyan közvetlen áramforrásoknak vannak kitéve, mint a villamos vasút, vagy a hegesztő berendezések.

Fémkorrózió megjelenési formái

<u>Eqvenletes korrózió:</u> Többé-kevésbé egyenletes anyagveszteség nagy helyi eltérésekkel, általában száraz gázok okozta kémiai korrózió és elektrolitos oldódás esetén.

<u>Bemaródásos korrózió:</u> Tűszúrásszerű támadási forma, pontkorrózió (pitting). Páradús térben, védőbevonatok pontszerű hibáinál a leggyakoribb.

<u>Szövetszerkezeti korrózió:</u> Változatait (kristály-határmenti, szelektív) a fémek inhomogenitása okozza.

<u>Repedéses korrózió:</u> Nagy húzófeszültség is hat a korróziós folyamattal egyidejűleg. Fárasztó igénybevétel esetén fáradási korrózió.

<u>Berágódásos korrózió:</u> Súrlódó, koptató igénybevétel esetén szennyezett környezetben a mechanikai és vegyi hatás egymást erősíti. Fárasztó igénybevételnek kitett szegecs- vagy csavarkapcsolatoknál, saruknál, csuklóknál gyakori.

<u>Réteges korrózió:</u> kis bemódásból indul, eltérö összetételű vagy szemcsenagyságú részek határán a felülettel párhuzamosan halad. Kavart vasból készült szerkezeteken gyakori.

Forrás: Németh György: www.sze.hu/~nemethgy/korrozio.pdf

MSZ 17215-7:1984 Beton- és vasbeton szerkezetek korrózióvédelme. A betonacél korróziós állapotának helyszíni vizsgálata (Érvényes magyar szabvány)

A módszer elve: A vasbeton szerkezet (nem feszített vasbeton) elektródjaként szolgáló betonja és acélbetétje közötti, szaggatott egyenáram hatására keletkező, polarizációs potenciálváltozást regisztráljuk, és ennek alapján értékeljük az acélbetét korróziós állapotát.

Az egyik elektród az acélbetét, a másik elektród a beton felületére ecsettel vagy szóróflakonnal felhordott grafit-szuszpenzió.

Az egyenáramot az impulzus üzemű áramgenerátor ébreszti, a potenciálváltozást a kompenzográf műszerrel mérjük, amely utóbbi potenciálváltozási görbét rajzol.

Ha az indulási (nyugalmi) potenciálnál

- **600 mV-tal nagyobb a mért potenciál-végérték, akkor az acélbetét védett állapotban van;**
- **150-160 mV-tal nagyobb a mért potenciál-végérték, akkor az acélbetét instabil állapotban van (kismértékű az acélkorrózió);**
- **legfeljebb 150 mV-tal nagyobb a mért potenciál-végérték, akkor az acélbetét erősen korrodált.**

FÉMKORRÓZIÓS KÍSÉRLETEK

2007/10/8 13:26

Dr. Kausay Tibor

Galvánelem

A galvánelem két elektródból (fél cellából) áll. A legegyszerűbb galvánelem az, amikor a két tiszta fémelektród saját ionjait tartalmazó sóoldatba merül. A sóoldatban a bemerülő fém oxidált, pozitív töltésű kationjai és az ezeket semlegesítő anionok találhatók. Az elektródok a fémet két különböző oxidációs állapotban tartalmazzák. A lejátszódó redoxireakciót a konvenció szerint a redukció irányában írjuk fel.

A megnevezés *Luigi Galvani (1737-1798)* olasz orvos, fizikus nevét őrzi. A galvánelem fajták a következők:

- ***Volta*-elem Feltalálója: *Alessandro Volta* (1745-1827) olasz fizikus**
- ***Leclanché*-elem, továbbfejlesztett változata a *szárazelem***
- ***Weston*-elem**
- ***Daniell*-elem Feltalálója: *John Frederic Daniell* (1790-1845) angol természettudós**
- ***Cupron*-elem**
- ***Akkumulátorok***

Forrás: https://hu.wikipedia.org/wiki/Galv%C3%A1nelem



Luigi Galvani

Született: Bologna, 1737. szeptember 9.

Elhunyt: Bologna, 1798. december 4.

Tanulmányai: Bolognai Egyetem, ahol a teológia elvégzése után az orvosi kart is elvégezte.

Szakterületei: fizika, élettan, orvostudomány

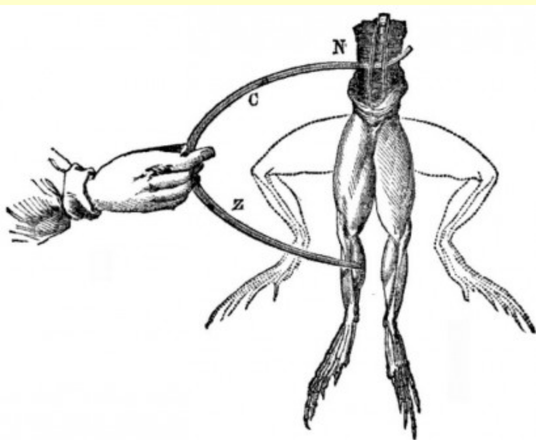
Az elektromosságtan egyik megalapítója.

1762-től anatómiát tanított, 1768-ban a gyakorlati orvostudomány professzorává nevezték ki, ám Galvani inkább a bonctermet választotta a katedra helyett.1782-ben a szülészeti tanszék élére került.

1764-ben vette feleségül a Bolognai Tudományos Akadémia professzorának lányát, *Lucia Galleazzit*, aki bölcs és nemes szellemű társa volt a nagy tudósnak, *Galvani* kísérleteinél is sokat segédkezett. Felesége 1790. június 30-án hunyt el.

***Galvani* anatómiaprofesszorként lett figyelmes a békacombideg különös tulajdonságaira. Egyik tanítványa hívta fel a figyelmét arra, hogy a béka preparálása közben a kés érintésére a békacomb összerándult, ha egy másik fémmel a gerincvelőhöz értek.**

***Galvani* neve összenőtt az elektromossággal, munkássága nyitotta meg az utat az izom- és idegfiziológia kutatása és az elektrofiziológia tudománya felé is.**



Galvani békacombja,
XIX. századi illusztráció
(Forrás: Wikimedia Commons)

Nagyon érdekes, érdemes otthon elolvasni:
https://hu.wikipedia.org/wiki/Luigi_Galvani
http://energiapedia.hu/luigi-galvani



Alessandro Volta, olasz fizikus

Született:
Como (Olaszország).
1745. február 18.

Elhunyt: Como,
1827. március 5.

A volt mértékegység róla kapta nevét.

Alessandro Volta **-** ***Galvani*** **kortársa – 1792-ben ismerte fel, hogy a villamosság létrejöttében a fémeknek nagyobb szerepe van, mint a békáknak.**

Volta **jött rá, hogy áram akkor keletkezik, ha két különböző, érintkező fémet folyadékba merítünk.** ***Galvani*** **iránti tiszteletből a jelenséget galvanizmusnak nevezte el.** ***Volta*** **a fémeket elsőrendű vezetőnek nevezte és feszültségi sorba rendezte őket, a folyadékokat másodrendű vezetőnek minősítette. Két különböző fém korongja közé savval átitatott papírkorongot helyezett, és e hármas egységekből építette az ún.** ***Volta-oszlopot*****, amely folyamatosan termelt áramot - ezzel megszületett az első állandó (ha nem is örökké működő) áramforrás. Ketten kiegészítették egymást:** ***Galvaninak*** **abban volt igaza, hogy az izom-összehúzódásokat elektromos ingerhez kötötte,** ***Volta*** **pedig helyesen tagadta a villamosság állati eredetét.**

Az elektromos áram elméletének kidolgozója, a víz elektrolízésének felfedezője és a kénsavba merülő cink- és rézelektródból álló ***Volta-elem*** **(galvánelem) feltalálója. A volt mértékegység róla kapta nevét.**

Forrás: https://hu.wikipedia.org/wiki/Alessandro_Volta





John Frederic Daniell

London, 1790. március 12. –
London, 1845. március 13.)
angol természettudós, kémikus, fizikus

Tanulmányait az Oxfordi Egyetemen végezte

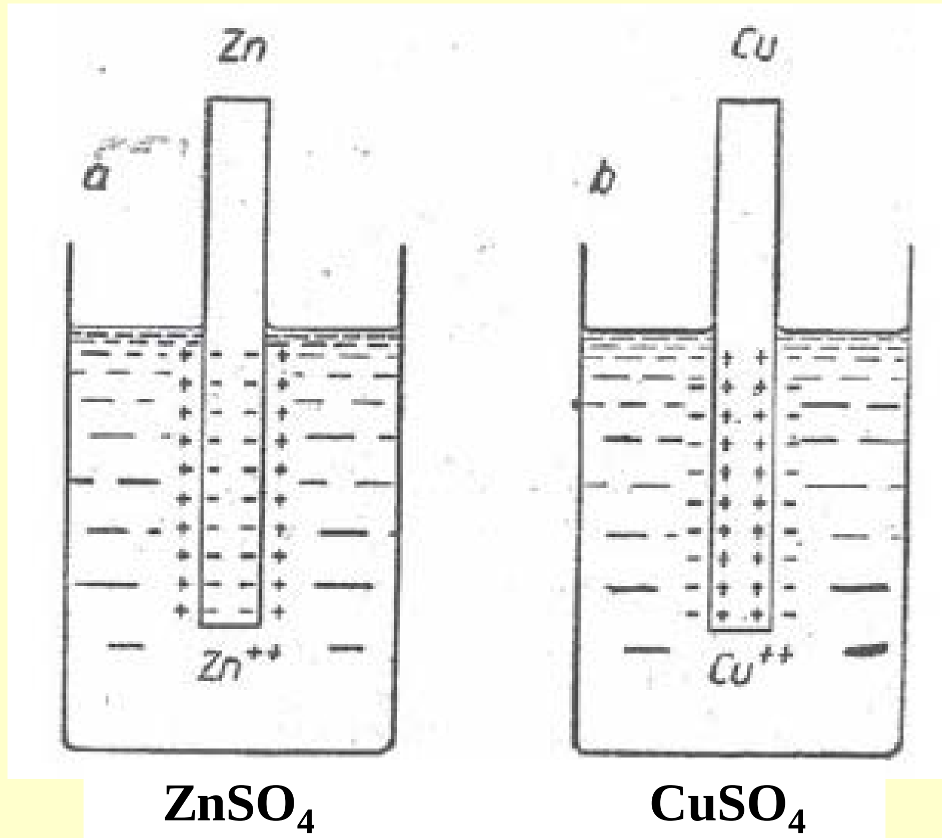
Kitüntetései: **Royal Society tagja (1813)**
Copley-érem (1837)
Royal-érem
Rumford-érem (1832)

Munkái közül legnevezetesebbek azok, amelyek a galvanizmusra vonatkoznak. *Daniell* állított először össze egy állandó galvánláncot, melyet róla Daniell-féle láncnak neveznek.

Ezen állandó lánc minden egyes eleme egy rézhengerből állt, melyben tömény rézgálicoldat volt, és ebben volt egy lent zárt ökörgége, mely a hígított kénsavat és az amalgámozott cinket foglalta magában. Ezt a láncot tulajdonképpen csak azért nevezte állandónak, mert a folyadékok állandósága biztosítva volt.

Forrás:
https://hu.wikipedia.org/wiki/John_Frederic_Daniell

A cink lemez oldatba akar menni a cink-szulfát-oldatba. A fém (cink) negatív töltésű.



A réz-szulfát-oldatból ki akar válni a réz és rá akar csapódni a rézlemezre. A fém (réz) pozitív töltésű.

A réz-elektródnál – a cink-elektródához képest – a helyzet fordított, mivel ott az oldatban lévő rézionok próbálnak a réz felületére kiválni.

Emiatt a fém (réz) pozitív, az oldat viszont a fölös anionoktól negatív töltésű lesz. Ezen a fémen is kialakul elektromos kettősréteg és a fémre jellemző elektródpotenciál.

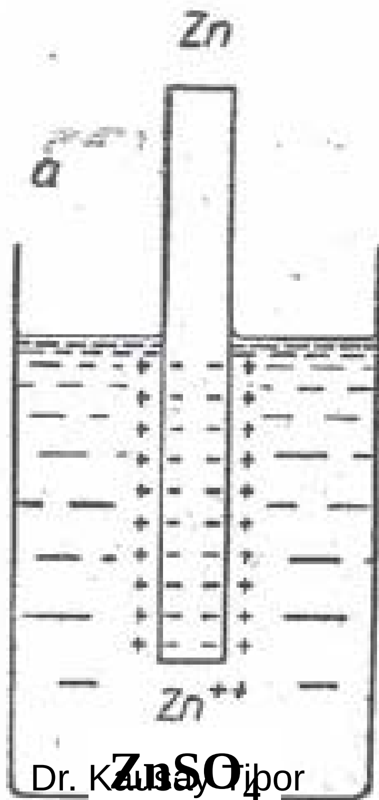
GALVÁNELEM

**Cink lemez merül cink-szulfát oldatba.
A cink oldódik, miközben elektronokat ad le.
Ha az anyag elektronokat ad le: oxidálódik.
A fém (a cink, amely átmenetifém) negatív töltésűvé, az oldat pozitív töltésűvé válik.**

Az egyszerű meghatározás szerint az átmenetifémek közé az a 40 elem tartozik, melyek a periódusos rendszer 3–12. csoportjai egyikében találhatók.

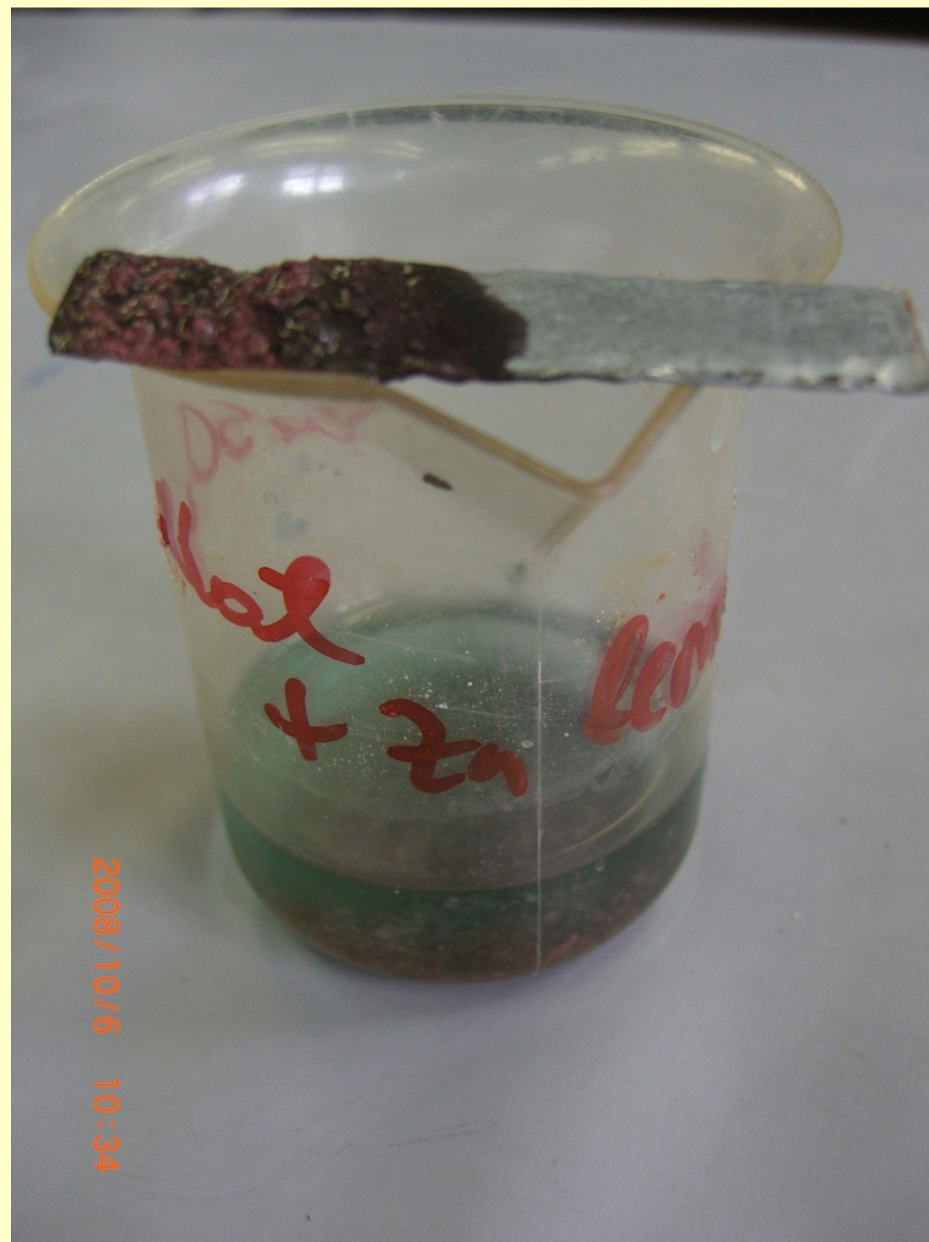
A cink lemezen visszamaradó negatív töltések és az oldatba jutott cink-ionok pozitív töltései vonzzák egymást; a cink lemez felületén elektromos kettősréteg alakul ki.

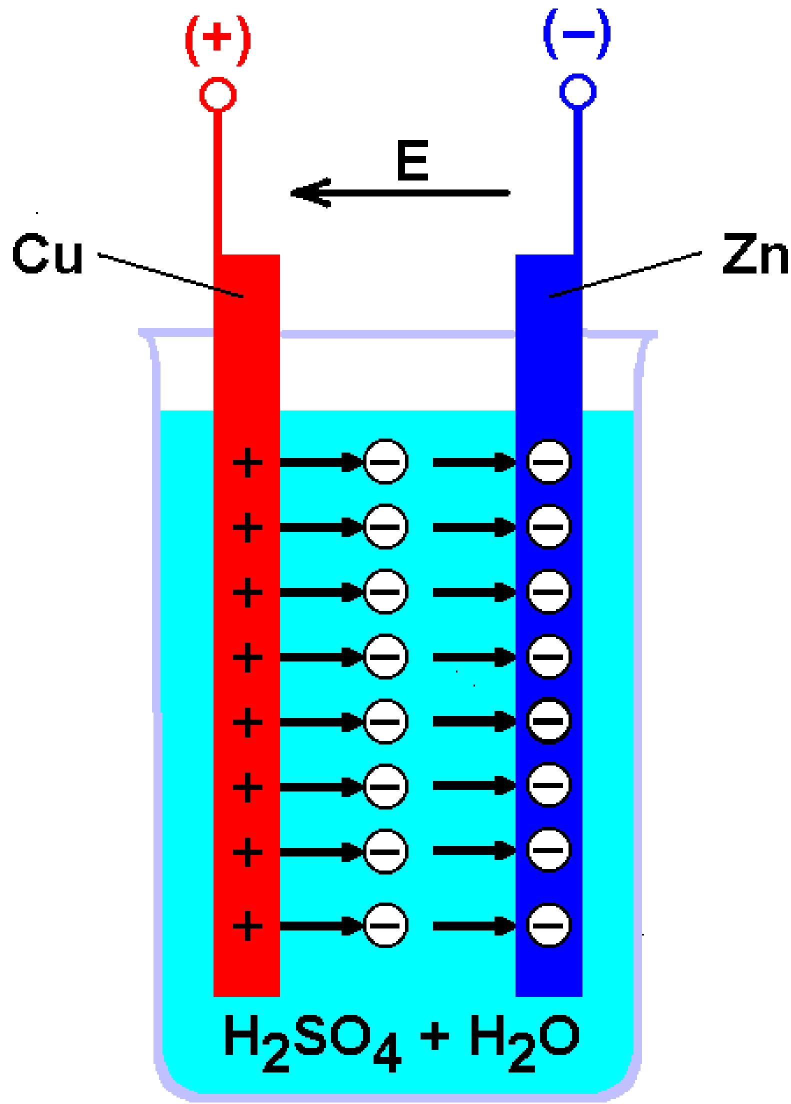




Dr. Kausay Tibor

A kialakult kettősréteg a fém és az oldat között „egyensúlyi potenciálkülönbség”-et okoz, amelyet „elektródpotenciál”-nak nevezünk.





Volta-elem

Higított kénsavval töltött üvegedénybe egy-egy cink- és rézelektródát helyeznek el. A rézelektródából – vegyi hatás következtében – elektronok lépnek ki a kénsavba, tehát pozitív töltésűvé válik. A cinkelektróda felületén ennek fordítottja játszódik le, vagyis az elektronok a kénsavból lépnek át, tehát itt elektrontöbblet keletkezik, azaz negatív töltésű lesz. Az elektródok töltései kiegyenlítődni igyekeznek, ezért az elektródok között feszültség mérhető.

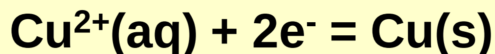
(https://hu.wikipedia.org/wiki/Galv%C3%A1nelem)

A Volta-elem *feltalálója gróf Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta* (1745-1827) olasz fizikus, az elektromos áram elméletének kidolgozója.

Daniell-elem

A Daniell-elem olyan elektrokémiai áramforrás, vagyis galvánelem, amely egyik cellájában Zn-lemez 1 mol/dm^3-es $ZnSO_4$-oldatba, másik cellájában Cu-lemez 1 mol/dm^3-es $CuSO_4$-oldatba merül. A két cellát sóhíd (kocsonyásító semleges anyagot tartalmazó KCl-oldat) vagy porózus agyagfal köti össze, amely lehetővé teszi az ionok vándorlását az oldatok között, de megakadályozza azok keveredését. A Zn-lemezből pozitív töltésű Zn^{2+}-ionok lépnek oldatba, hátrahagyva a Zn-lemezen elektronjaikat. Az elektronok a fémes vezetőn (és a feszültségmérő műszeren keresztül) átáramlanak a rézlemezre, ahol az oldatban lévő Cu^{2+}-ionok felveszik az elektronokat és fémréz formájában kiválnak az oldatból.

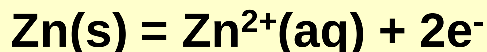
A rézelektródon redukció történik, így az a Daniell-elem katódja lesz:



$$Cu^{2+}(aq) + 2e^{-} = Cu(s)$$

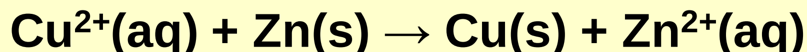
(aq) = aqueous = yizes oldat   (s) = solid = szilárd anyag

A cinkelektródon oxidáció történik, ezért az a Daniell-elem anódja lesz:



$$Zn(s) = Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$$

A Daniell-elem összreakciója a katódon és az anódon lezajló reakciók összege:



$$Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \rightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$$

(http://www.sulinet.hu/tlabor/kemia/szoveg/k42.htm)

Ha a Zn és a Cu között fémes összeköttetést létesítünk,
és az elektrolit-oldatok közé sóhidat teszünk,
akkor a cink által leadott elektronok a sóhidon keresztül eljutnak a rézionokhoz.

Az elemnek a Zn elektród lesz a negatív sarka (anód),
mert a fém ilyen töltést nyert,
a Cu pedig a pozitív sarka (katód).

A Zn lemez oldódik, a Cu lemezen pedig Cu válik ki.

Az áram az anódon (Zn lemez) lép be az oldatba.

Az így kialakult Daniell-elem szokásos jelölése:
- $Zn/ZnSO_4//CuSO_4/Cu$ +

Megállapodás szerint a galvánelem pozitív pólusát alkotó elektród potenciálja pozitív előjelű.


Daniell-elem
Sóhíd
1mól/dm3
1mól/dm3
2008/10/6 10:27
Sóhíd = Például kálium-kloridos zselé, amely vezeti az áramot
Dr. Kausay Tibor

körfolyamat

fémes vezetés



elektrolit vezetés

Forrás: *Róka András*: http://wwnepszerukemia.elte.hu/kiserletek_2010okt7.pdf

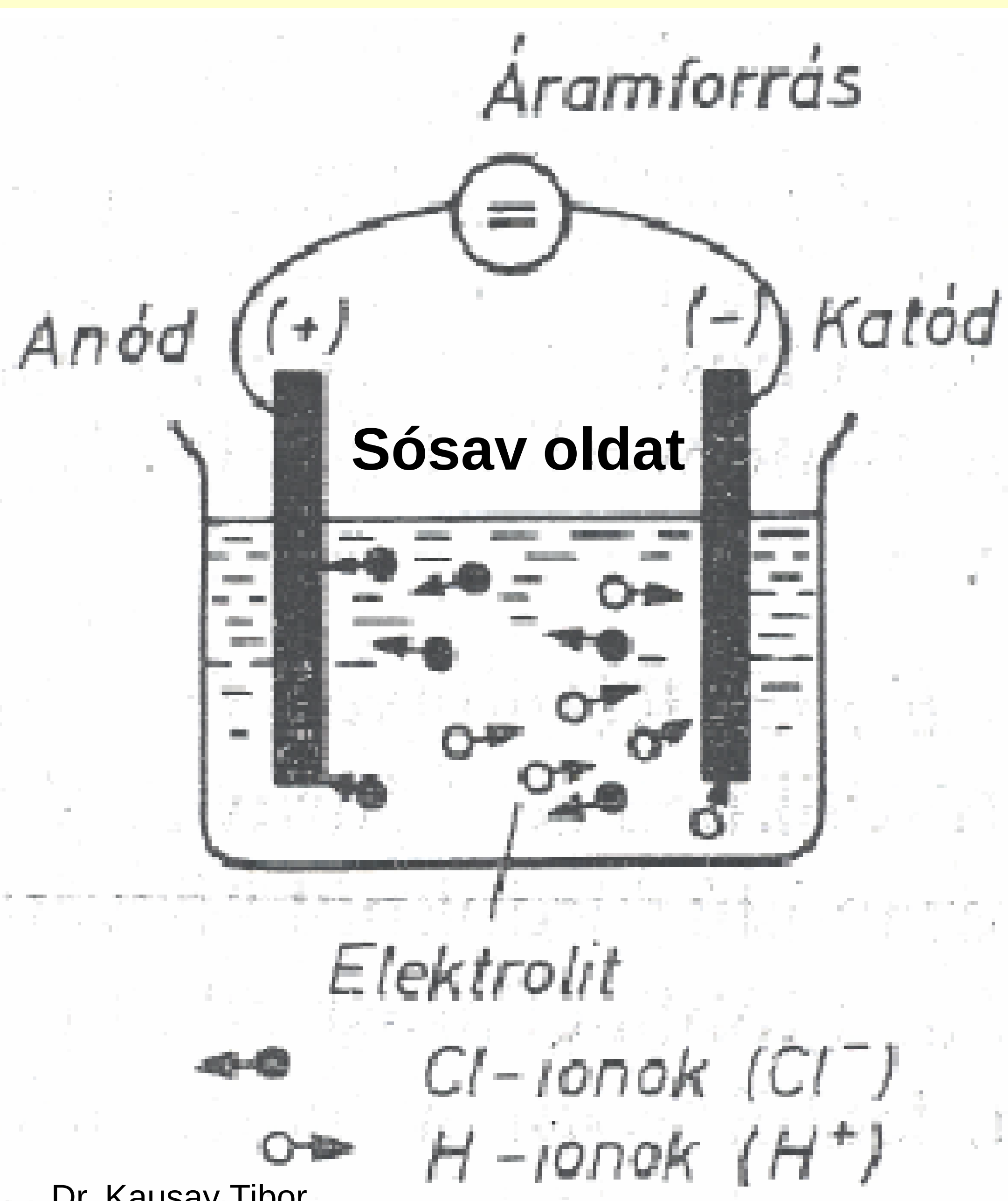
Ha elektrolit oldatba *egyenáramot vezetünk* akkor *elektrolízis játszódik le* a rendszerben.
Itt az áramforrás negatív pólusa a katód, pozitív pólusa az anód.

Az áram a pozitív póluson lép be az oldatba.

Megállapodásszerűen az áramirány ellentétes az elektronok haladási irányával.

A pozitív töltésű kationok a katód felé vándorolnak, ahol elektront vesznek fel (*redukálódnak*), míg a negatív töltésű anionok az anód felé fognak vándorolni, ahol elektront adnak le (*oxidálódnak*).

A redukció és oxidáció fogalmát később tárgyaljuk.



Az elektrolízis szemléltetése

A pozitív töltésű kationok a katód felé vándorolnak, ahol elektront vesznek fel (redukálódnak), míg a negatív töltésű anionok az anód felé fognak vándorolni, ahol elektront adnak le (oxidálódnak).

Forrás: *Csányi E. – Józsa Zs.*: Épített környezet védelme. BME segédlet


Daniell-elem
CuSO4
ZnSO4
1.676
HOLD
OFF
V~
hFE
10A
CAT II 600V
10ADC
MAS830
2008/10/6 10:29
Dr. Kausay Tibor

Daniell-elem

2007/10/8 12:37

Dr. Kausay Tibor

Daniell-elem



Dr. Kausay Tibor


2007/10/8 13:10
Dr. Kausay Tibor



2007/10/8 12:49
Dr. Kausay Tibor


2007/10/8 13:11
Dr. Kausay Tibor

Ha a *galvánelemen áram nem halad keresztül*, a pólusok közötti potenciálkülönbséget *elektromotoros erőnek* (*E*) nevezzük.

Értéke függ az anyagi minőségtől, a koncentrációtól, hőmérséklettől.

Mivel az elektródokon az áram ellentétes irányba halad (elektródból oldatba és fordítva), különbséget képezünk:

$$E = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \varepsilon_{katód} - \varepsilon_{anód}$$

A 25 °C-on, egységnyi ionkoncentráció esetén fellépő elektródpotenciál az ún. *normálpotenciál* (ε_0).

Abszolút értékét mérni nem lehet, ezért ε_0 -nak azt a potenciált tekintjük, amelyet a kérdéses elektród az *összehasonlítás alapjául választott hidrogénelektróddal szemben* mutat.

Ez nem zavaró, mindig potenciálkülönbségekkel dolgozunk.

Néhány közismert fém normálpotenciál értéke (V, volt) a következő:

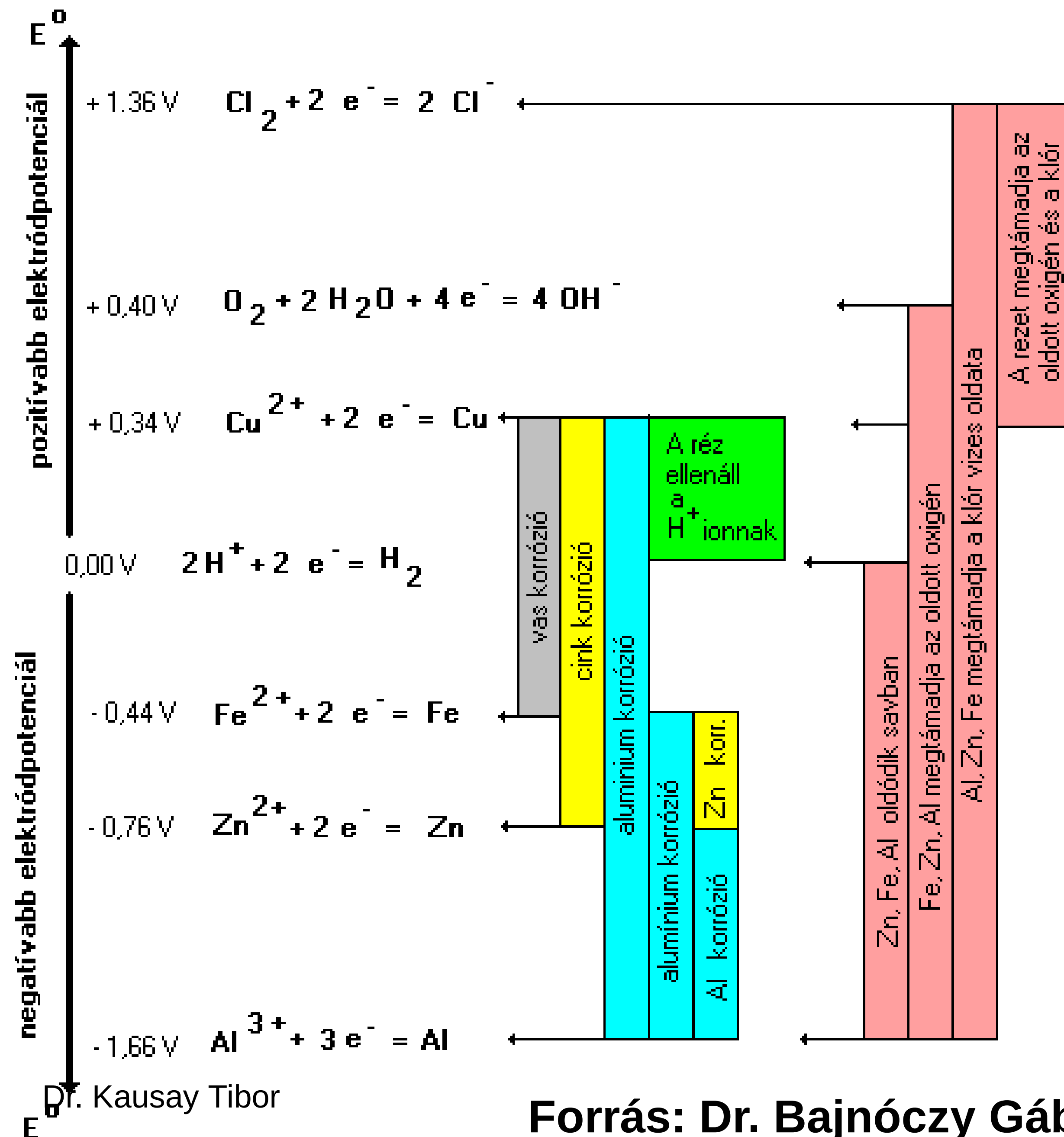
Kálium (K)	**- 2,94**
Magnézium (Mg)	**- 2,37**
Alumínium (Al)	**- 1,66**
Cink (Zn)	**- 0,76**
Vas (Fe)	**- 0,44**
Hidrogén (H)	***0,00***
Ón (Sn)	**+ 0,22**
Réz (Cu)	**+ 0,34**
Ezüst (Ag)	**+ 0,80**
Higany (Hg)	**+ 0,85**
Platina (Pt)	**+ 1,20**
Arany (Au)	**+ 1,50**

Negatív normálpotenciálú fémek savakban hidrogén fejlődéssel oldódnak.

Pozitív normálpotenciálú fémek savakban nem fejlesztenek hidrogént, és ezért nem oldódnak még erős savakban sem.

Bármely fémet a nála negatívabb normálpotenciálú elemmel kiválaszthatunk az oldatából.

Mindig a negatívabb potenciálú fém korrodálódik



Katód, nem korrodál

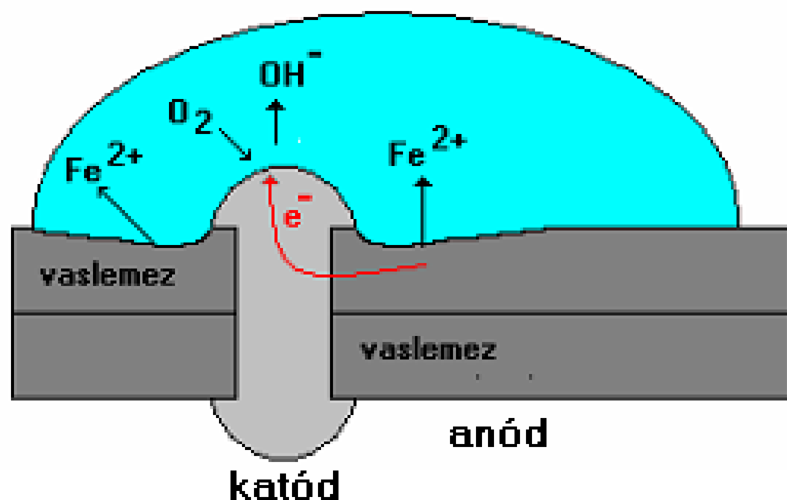
Anód, korrodál

Katód, nem korrodál

Anód, korrodál

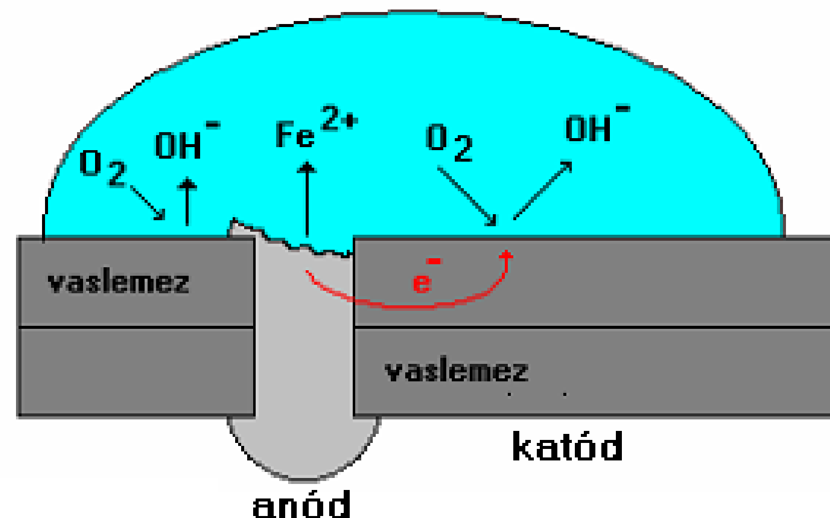
Forrás: Dr. Bajnóczy Gábor: Fémek korróziója

A vaslemez negatívabb potenciálú a szegecsnél



A korróziós anyagveszteség nagyobb felületen oszlik el

A vaslemez pozitívabb potenciálú a szegecsnél



A korróziós anyagveszteség kisebb felületen oszlik el

Célszerű elkerülni eltérő anyagi minőségű (pl.: vas és alumínium) fémeket egymással fémesen érintkeztetni. Az eltérő potenciálkülönbség még két azonos alapfém esetén is kialakulhat, amennyiben az ötvöző anyagok anyagi minősége és koncentráció eltérnek. Az ilyen típusú összeépítések élettartamát jelentősen megnövelhetjük, amennyiben alkalmazzuk azt a szabályt, hogy eltérő potenciálkülönbségű fémek összeépítésekor mindig a negatívabb potenciálú fém legyen a nagyobb felületű.

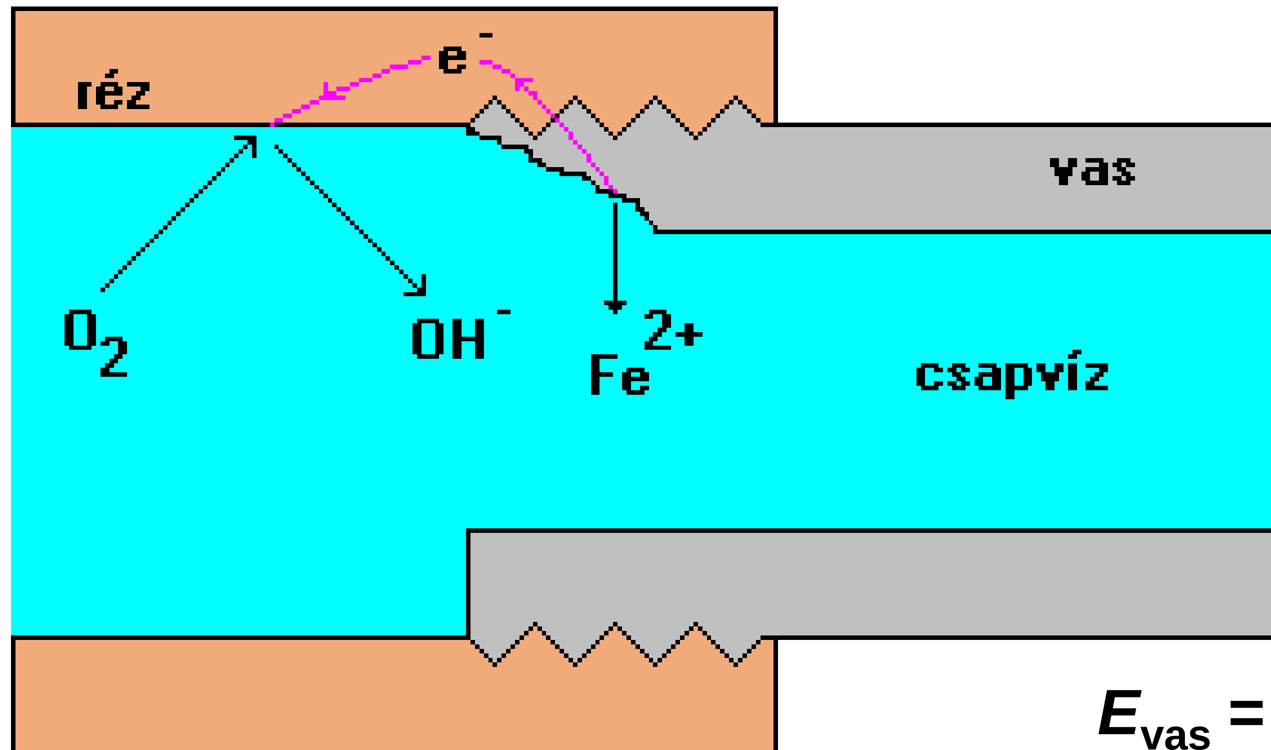
(kkft.bme.hu/sites/.../ELEKTROKÉMIAI%20KORRÓZIÓ%20(jegyzet).d...)

Két fém érintkezésekor nedvesség és oxigén jelenlétében mindig a negatívabb potenciálú fém fog korrodálódni.

Minél nagyobb a potenciál különbség, annál gyorsabb a korróziós folyamat.

Összeépítendő fémek potenciál-különbsége minél kisebb legyen, és a negatívabb potenciálú (az anód szerepét tölti be) anyag felülete minél nagyobb legyen.





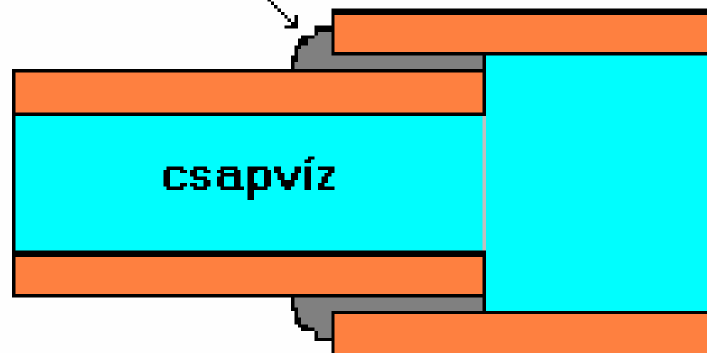
E_{vas} = -0,44 V, anód

$E_{réz}$ = + 0,34 V, katód

katód $E_{réz}$ = +0,34 V > E_{vas} = -0,44 V, anód,

ezért a vas korrodál

Forrás: Dr. Bajnóczy Gábor: Fémek korróziója

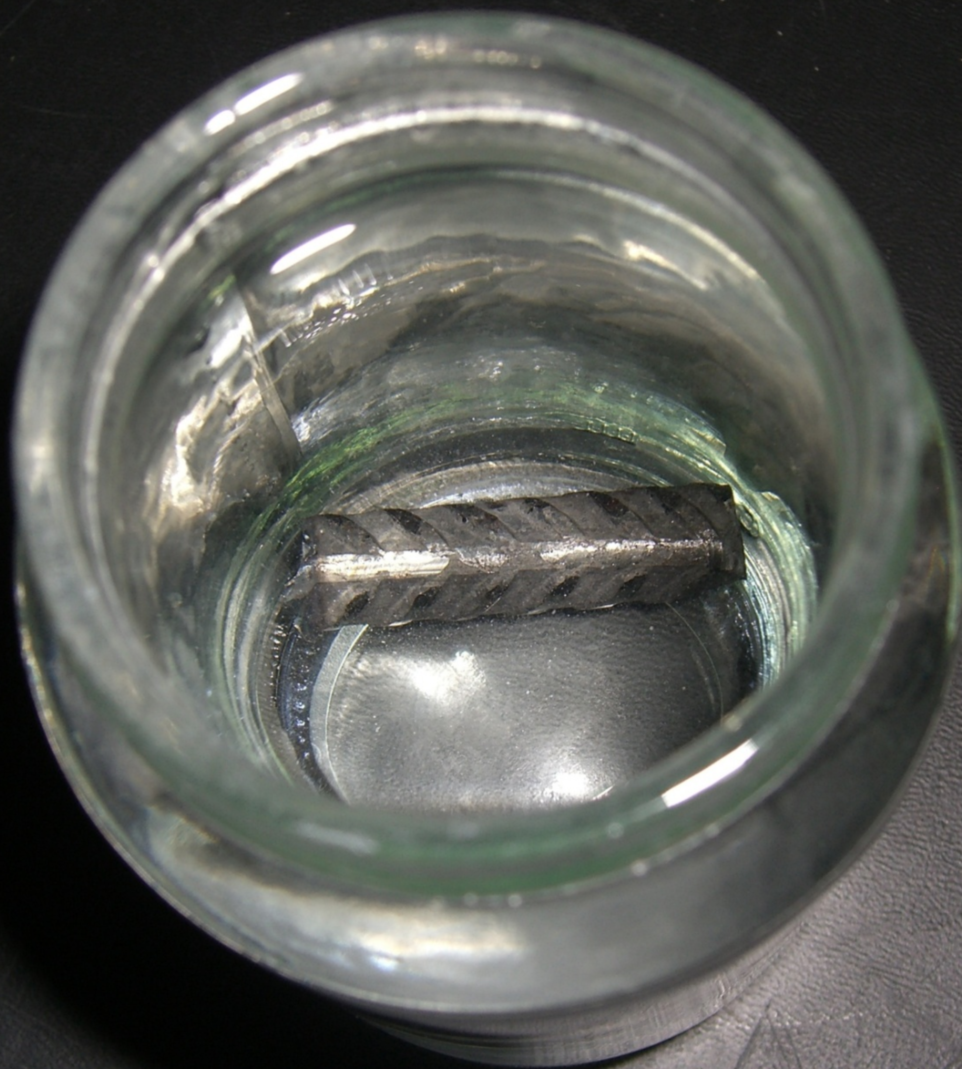


Fém	potenciál csapvízben H elektródhoz képest [volt]
Cink ötvözetek	- 0,87 ... - 0,29
Ezüst	+ 0,19
Ezüstforrasz	+ 0,15
Ólom	- 0,28
Ón	- 0,27
Ón-ólom forrasz	+ 0,15
Szénacél	- 0,39
Réz	+ 0,14
Sárgaréz	- 0,12

Rézcső összeköttetés forrasztásához a zöld színnel jelölt ón-ólom forrasz (lágy forrasz) és az ezüst forrasz (kemény forrasz) is megfelelő, mivel a forrasz anyagok és réz potenciáljai közötti különbség csak század voltokban mérhető.

(kkft.bme.hu/sites/.../ELEKTROKÉMIAI%20KORRÓZIÓ%20(jegyzet).d...)

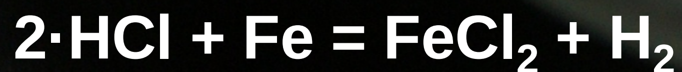

meszes
víz
HCl
2009/10/19 14:05
Betonacél
telített meszes ($Ca(OH)_2$) vízben
és 10 %-os sósav (HCl) oldatban
Dr. Kausay Tibor



A betonacél lúgos környezetben (meszes vízben) nem korrodál

Dr. Kausay Tibor

A sósav a negatív normálpotenciálú fémeket hidrogénfejlődés közben feloldja és kloridokká alakítja át, a pozitív normálpotenciálú fémekkel (pl.: réz) nem lép reakcióba:



$$2 \cdot HCl + Fe = FeCl_2 + H_2$$

2009/10/19 14:08

A betonacél savas környezetben (sósav oldatban) korrodál

Meszes vízben

HCl oldatban

Teljesen ép

Korrodált

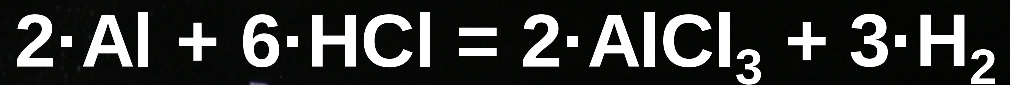
2009/10/20 12:23



Alumínium lemez HCl és NaOH oldatban.
Mindkettő pezseg, de nem egyformán,
a HCl oldat erősen pezseg,
a NaOH oldat gyengén gyöngyözik.

Dr. Kausay Tibor

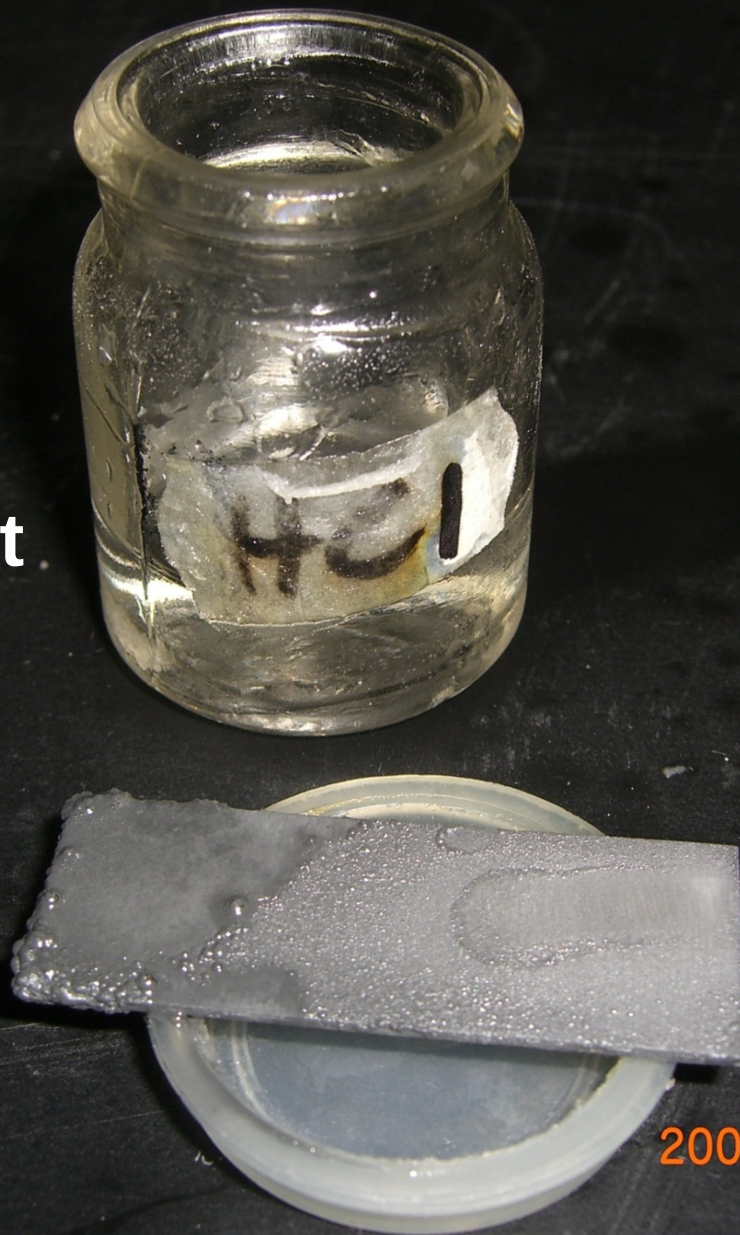
Az alumínium lemezt tartalmazó agresszív HCl oldat pezsgése lassan indul, majd intenzívvé válik.



$$2 \cdot Al + 6 \cdot HCl = 2 \cdot AlCl_3 + 3 \cdot H_2$$

Közben alumínium-klorid képződik és hidrogén gáz fejlődik.

Az alumínium lemezt tartalmazó agresszív sósav-oldat pezsgése lassan indul, majd egyre inkább fokozódik.



Dr. Kausay Tibor

Az alumínium lemezt tartalmazó agresszív HCl oldat látványosan pezseg.

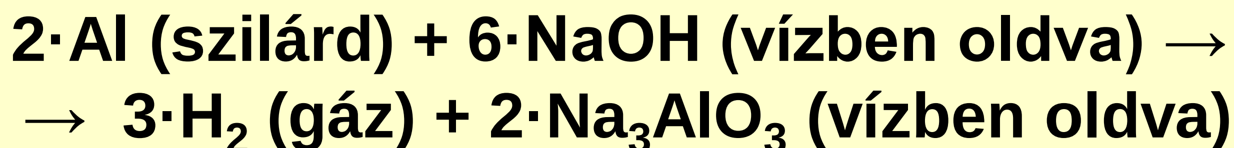


Szíveskedjék erre a mondatra kattintani!

Dr. Kausay Tibor

A nátrium-hidroxid (NaOH), más néven a marószóda, marólúg, marónátron, nátronlúg vagy lúgkő egy fémes bázis. Vízben oldva erősen lúgos oldatot képez.

Alumíniummal reagálva nagy mennyiségű hidrogén szabadul fel gáz formájában:



$$2 \cdot Al \text{ (szilárd)} + 6 \cdot NaOH \text{ (vízben oldva)} \rightarrow$$

$$\rightarrow 3 \cdot H_2 \text{ (gáz)} + 2 \cdot Na_3AlO_3 \text{ (vízben oldva)}$$

Ezért a nátrium-hidroxidot zárt alumínium tartályban, vagy zárt tartályban alumíniummal együtt tárolni igen veszélyes.

Megjegyzés: Történt, hogy beton elemeket a napsugárzástól való felmelegedéstől (hőtágulás) ezüst színű, hőálló és hő-visszaverő „kályha-festékkel”, más néven „kályha-ezüsttel” kívántuk megvédeni. Kiderült, hogy a kályha-festék alumínium tartalmú, és a szép ezüst szín egy nap alatt eltűnt a lúgos betonfelületről.

2016. április

MAGYAR SZABVÁNY **MSZ 4798**

Beton

Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon

Az MSZ 4798-1:2004 helyett.

3. Acélbetétkorrózió a nem tengervízből származó kloridok hatására		
Amikor a vasbeton vagy más beágyazott fémet tartalmazó beton kloridtartalmú víz éri, beleértve a jégolvasztó sózást és amely nem tengervízből származik, akkor a környezeti hatást a következők szerint kell osztályozni:		
XD1	**Mérsékelt nedvesség**	**Levegő által szállított kloriddal (sópárával) érintkező beton.**
XD2	**Nedves, ritkán száraz**	**Úszómedencék.** **Kloridot tartalmazó talaj- és ipari vizekkel érintkező beton.**
XD3	**Váltakozva nedves és száraz**	**Kloridtartalmú vízpermettel érintkező hídelemek. Járdák és útburkolatok. Autóparkolók födémei.**

A kloridok a sósav (HCl) sóinak negatív töltésű ionjai. A sósav legfontosabb sói a nátrium-klorid (NaCl), a kalcium-klorid $CaCl_2$) és a magnézium-klorid ($MgCl_2$).

A kloridok talajvízből, gyógyvízből, téli olvasztósóból, ipari és mezőgazdasági anyagokból, levegőből (például közlekedési felületről származó víz permete vagy PVC égéstermékből) stb. kerülhetnek a betonba, illetve vasbetonba (*Biczók*, 1960; *Springenschmid*, 2007).

Téli időszakban a mikro-jéglencsék fagyási-olvadási ciklusokkal járó térfogatátváltozása is kloridionokat juttathat a gélpórusvízbe (Mikroeislinsenpumpe).

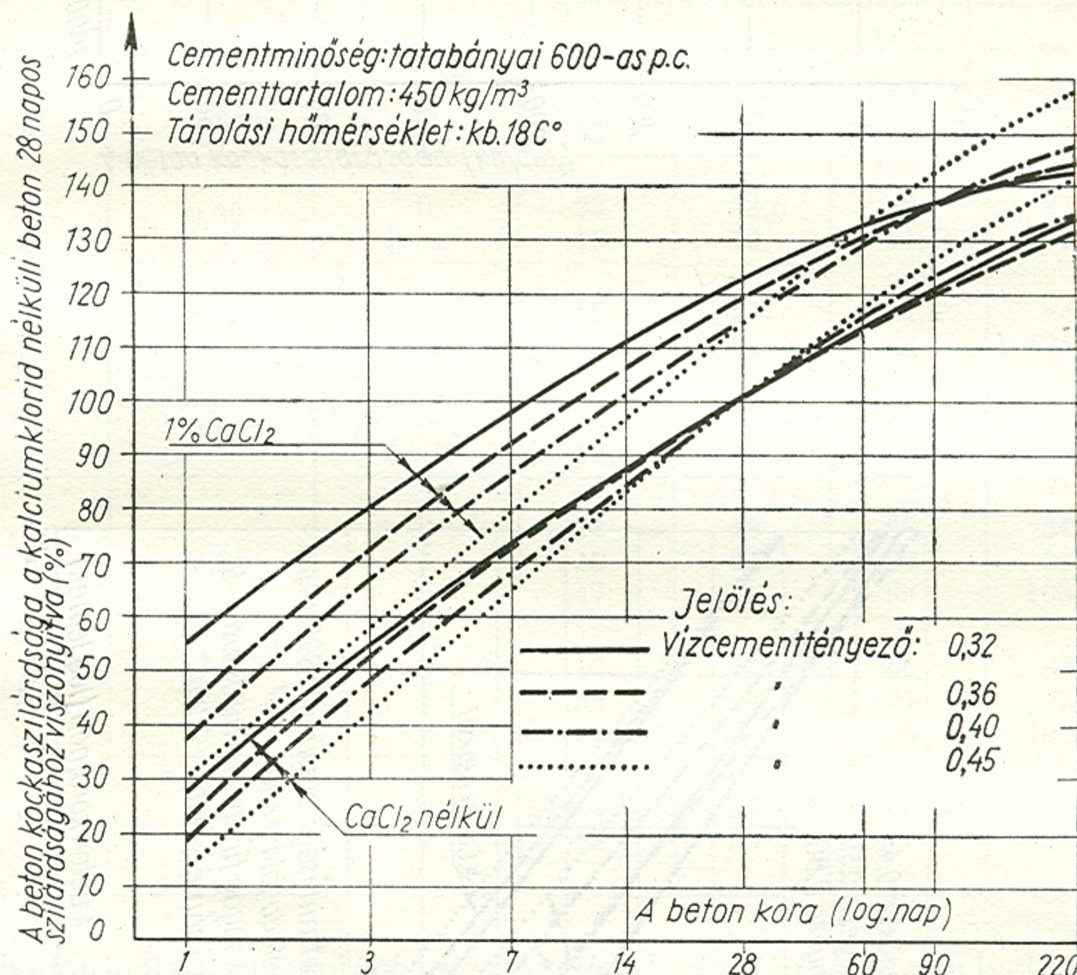
A betonba, illetve vasbeton szerkezetbe építési hibák folytán is kerülhetnek kloridok, például:

- **a beton összetevőivel, így például kloridtartalmú (kalcium-klorid) kötésgyorsító adalékszerrel;**
- **kloridtartalmú kiöntőanyaggal (IMS-technológiájú pécsi magasház esete).**

MSZ 4798:2016 betonszabvány 15. táblázata
A friss beton megengedett legnagyobb kloridtartalma

Beton alkalmazása	Klorid-tartalom-osztály	A legnagyobb Cl^--tartalom a cement tömegszázalékában, %
Nem tartalmaz acélbetétet vagy más beágyazott fémet, kivéve a korrózióálló emelőfüleket	Cl 1,00	1,00
Acélbetétet vagy más beágyazott fémet tartalmaz	Cl 0,20	0,20
	Cl 0,40[c)]	0,40
A betonnal közvetlenül érintkező feszített acélbetétet tartalmaz	Cl 0,10	0,10
	Cl 0,20	0,20

A kötésgyorsító adalékszerek klorid-mentességét azért kell hangsúlyozni, mert régebben például a kalcium-kloridot kötésgyorsítóként alkalmazták, (ezzel vasalatlan beton esetén nincs is különösebb baj), de vasbeton, illetve feszített vasbeton esetén a klorid-tartalmú kötés-gyorsító az acélbetétet, illetve a feszítő acélbetétet korrodálja.



88. ábra A kalcium-klorid hatása szobahőmérsékleten, a víz—cement-tényező változása esetén

(Forrás: *Palotás – Kilián – Balázs*: Betonszilárdítás. Műszaki Könyvkiadó. 1968)

Példa a kloridmentes adalékszerre, amely vasbetonhoz is alkalmazható.



KEMAZIM OC

Klorid mentes kötésgyorsító

A téli betonozást lehetővé tevő betonadalékszer, gyorsítja a szilárdulás folyamatát. Klorid mentes, nem károsítja a betonvasakat. Ha a levegő -10 °C-nál nem hidegebb,és a beton +5 ° C feletti hőmérsékletű. Minden beton és cementhabarcs esetében alkalmazható, ahol a gyors szilárdulás követelmény.

Anyagszükséglet:

Kb.1 %-2 % cementtömeg

Dr. Kausay Tibor

Az 1970-es évek második felében újdonság volt az IMS (Institut za ispitivanje materijala) Belgrádban kifejlesztett feszített vasbeton szerkezet építési technológia alkalmazása Magyarországon.

Az előregyártott vasbeton pilléreket felállították és ezekre előregyártott előfeszített vasbeton födémelemeket (födémpaneleket) helyeztek. A pilléreket és födémpaneleket a helyszínen feszítő pászmákkal összefeszítették (utófeszítés).

A csomópontokat, illeszkedési hézagokat klorid-tartalmú, gyorsan kötő, nagyszilárdságú, ún. PU- (poliuretán) pasztával öntötték ki. A PU-paszta 4 óra elérte a 40 N/mm^2 nyomószilárdságot.

Így épült többek között 1974-1976 között a 25 emeletes, 80 m magas pécsi magasház (lakóház) is.

Forrás: https://hu.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9csi_magash%C3%A1z

A klorid-tartalmú PU-paszta hamar megtámadta az acél feszítőkábeleket.

1989-re az épület életveszélyessé vált, a lakókat kiköltöztették.

2016 tavaszán megkezdték az épület bontását, és 2016 végéig befejezik.



A pécsi magasház építéséről és romlásáról készített archív filmek itt tekinthetők meg:

https://www.youtube.com/watch?v=h-BpSY3XstQ

https://www.youtube.com/watch?v=_1RwkW0jTNY

A kloridtartalmú vízzel érintkező megszilárdult betonba a kloridionok főképp kapilláris vízfelszívással (Huckepack-Transport) vagy kloridkoncentráció-különbség okozta diffúzió következtében kerülhetnek. A kloridion-behatolás a kapilláris vízfelszívással nagyságrenddel nagyobb és gyorsabb, mint a diffúzióval.

A betonra a természetes vizek kloridjai kémiailag általában nem veszélyesek. Ennek ellenére a vizeknek 1500 mg/liter kloridtartalom felett, gyakori nedvesség-tartalom változás esetén már ez alatt is, gyenge korróziós hatása van (*Grübl* et al., 2001).

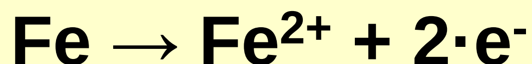
A beton cementköve, ha nem karbonátosodott, akkor a betonba jutó kloridionok egy részét kémiailag és fizikailag stabil vegyület, kalcium-kloroaluminát vagy kalcium-kloroaluminát-ferrit (Friedel-só = $C_3A{\cdot}CaCl_2{\cdot}H_{10}$, illetve Friedel-só vasanalógja = $C_3A/F{\cdot}CaCl_2{\cdot}H_{10}$) formájában megköti (*Dahme*, 2006; *Benedix,* 2008).

A Friedel-só formájában kötött kloridionok egy része a beton karbonátosodása során szabad kloridion formába kerülhet, mert a Friedel-só ilyen körülmények között nem stabil. A kloridion megkötés feltétele az aluminátok jelenléte, vagy más olyan forrás a cementben (pl. kohósalak), amelynek Al-tartalma ehhez hozzájárul.

Amíg a cementkőben kémiailag megkötött kloridok veszélytelenek, addig a pórusvízben lévő szabad kloridionok acélbetét korróziót okozhatnak. Az acélbetét korrózió akkor lép fel, ha az acélbetét felületének környezetében a beton pórusvizének pH-értéke 9 alá esik, vagy ha a beton klorid-tartalma a kritikus értéket átlépi, mert akkor az acélbetét elveszti a korróziótól védő mikroszkopikus vastagságú tömör oxigén rétegét, amelyet passzív rétegnek neveznek (*Palotás*, 1979; *Balázs – Erdélyi – Kovács*, 1991; *Balázs*, 1997).

A betonacél korróziójához oxigénre és vízre van szükség. A kloridok korrozív hatása a vasbeton szerkezeteket illetően abban áll, hogy a kloridok a betonacél elektrokémiai korrózióját felgyorsítják, mert a kloridionokat tartalmazó víz – mint elektrolit-oldat – az áramot a „tiszta” víznél jobban vezeti (*Benedix*, 2008).

Kloridkorrózió esetén a vas ionos formában oldódik, és ez *elektrokémiai acélbetét lyukkorrózióra* vezet:

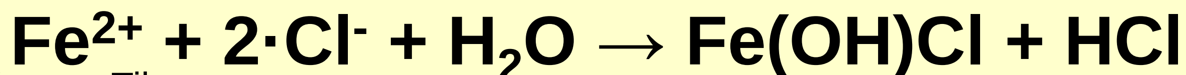


$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2 \cdot e^{-}$$

A folyamat elektron leadással jár, tehát oxidáció, a vas oxidálódik.

Az oxidációs folyamatokat az elektrokémiában anódos folyamatnak nevezik.

Kloridionok jelenléte esetén a kloridionokkal az oldatban ment vasionok sósav (HCl) képződése mellett reakcióba lépnek, miáltal az acélfelület egy pontjának (korróziós pont → pontkorrózió → lyukkorrózió) környezete erősen savassá válik (pH ≤ 5):

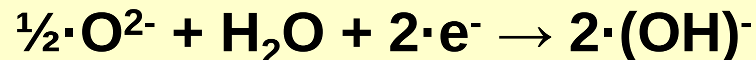


$$Fe^{2+} + 2 \cdot Cl^{-} + H_2O \rightarrow Fe(OH)Cl + HCl$$

***Az oxidációs (anódos) folyamatot mindig redukció kíséri, mert a képződő elektronokat (e^-) a depolarizátorok (például O_2, H^+-ion, Cl_2) felveszik. A redukciós folyamatokat, amelyek elektron felvétellel járnak, az elektrokémiában katódos folyamatnak nevezik*.**

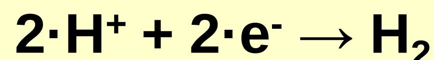
Az anódos és az katódos folyamat egyidejűleg kell végbemenjen, mert különben a korrózió leáll.

Katódos folyamat az oxigénnek az acélbetét felületén lejátszódó redukciója (*1. ábra*), amelynek során az anódon képződött elektronokat (e^-) a katódon a nagyfelületű oxigénionok kötik le (*Ch. Fischer*, 2012):



$$\frac{1}{2}\cdot O^{2-} + H_2O + 2\cdot e^- \rightarrow 2\cdot(OH)^-$$

Közben az alacsony pH-érték következtében az anódos korróziós pont közelében is katódos reakció játszódik le, amelynek során a hidrolízissel létrejött protonok (H^+) hidrogén képződése mellett redukálódnak, vasoldódással szabaddá vált elektronokat (e^-) vesznek fel (*Ch. Fischer*, 2012):

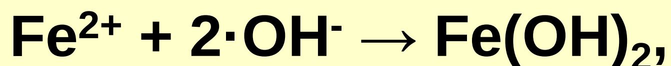


$$2\cdot H^+ + 2\cdot e^- \rightarrow H_2$$

Az egymástól független katódos folyamatok (oxigénes és hidrogénes) hatása összegződik. A vas korróziója, azaz anódos oldódása, az oxigén- és hidrogénionok redukcióján (elektron felvételén) keresztül valósul meg. Ennek hatására véletlen eloszlású mély korróziós pontok, lyukak és a környezetükben nagy kiterjedésű katódos részfelületek alakulnak ki. A katód akár méterekre is lehet az anódos korróziós ponttól, míg az anódos korróziós pontok akár össze is nőhetnek (*2. és 3. ábra*).

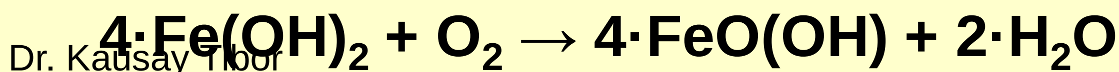
A vas a katódon nem, csak az anódon korrodál.

Az anódon oldatba ment vasionok a pórusvízben lévő hidroxidionokkal reakcióba lépnek, és ferro-hidroxid azaz vas(II)-hidroxid keletkezik (*1. ábra*):



$$Fe^{2+} + 2 \cdot OH^{-} \rightarrow Fe(OH)_2,$$

amely oxidáció következtében ferri-hidroxiddá, azaz vas(III)-hidroxiddá, barna rozsdává ($FeO(OH)$ vagy $Fe(OH)_3 \cdot Fe_2O_3$) alakul:

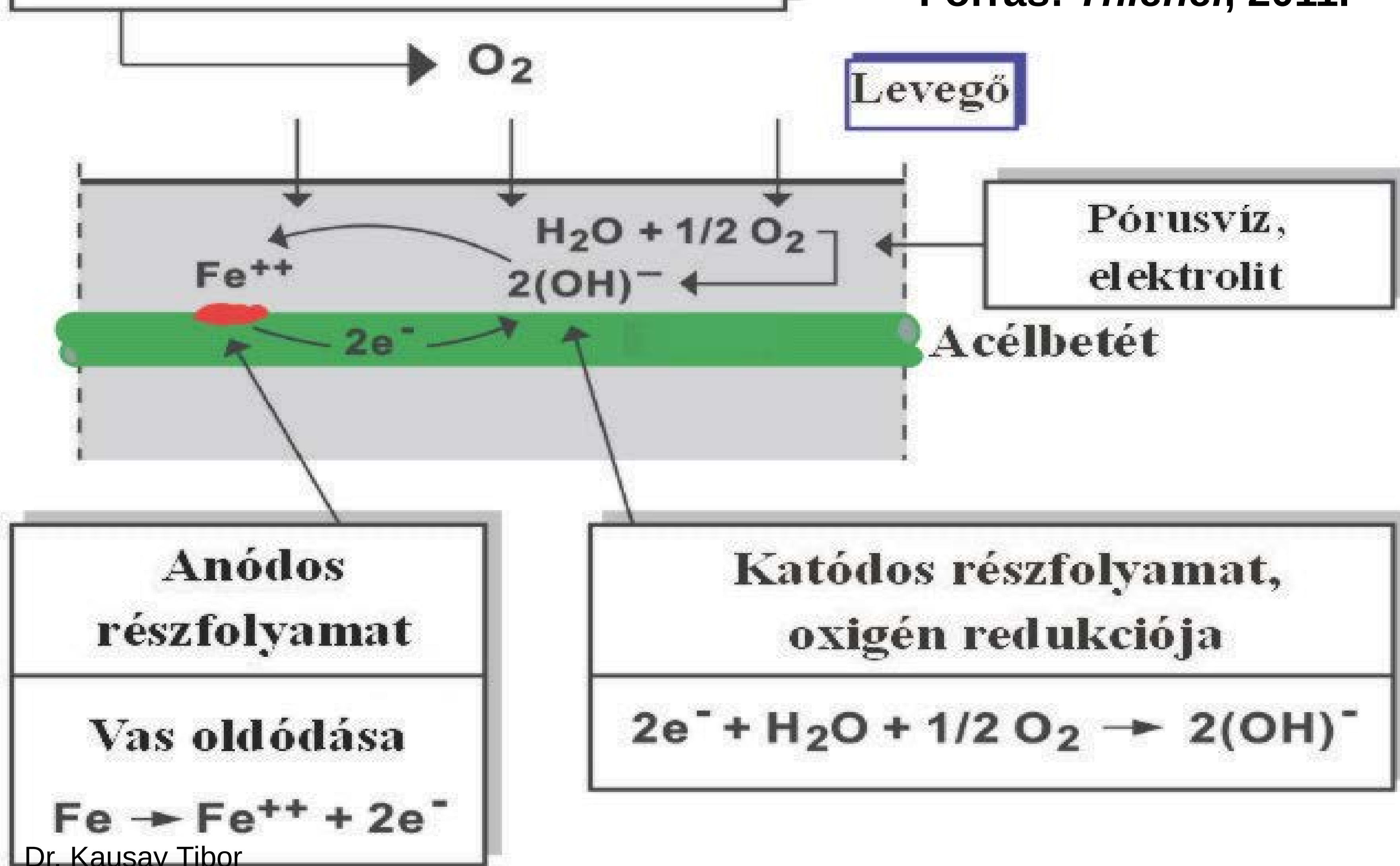


$$4 \cdot Fe(OH)_2 + O_2 \rightarrow 4 \cdot FeO(OH) + 2 \cdot H_2O$$

A rozsda a betonacél felületén rakodik le, de egy része az acélbetétet környező cementkő pórusaiba és a beton repedéseibe – azok tágulását okozva – vándorol (*Ch. Fischer*, 2012).

A betonacél felületén lerakodó rozsda porózus szerkezetű, és az acélbetét további korrodálódását nem akadályozza meg, térfogata pedig mintegy hatszorosa a vas térfogatának, ezért repesztő hatású.

[*Christian Fischer*: Auswirkungen der Bewehrungskorrosion auf den Verbund zwischen Stahl und Beton. Dissertation. Institut für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart. 2012.]



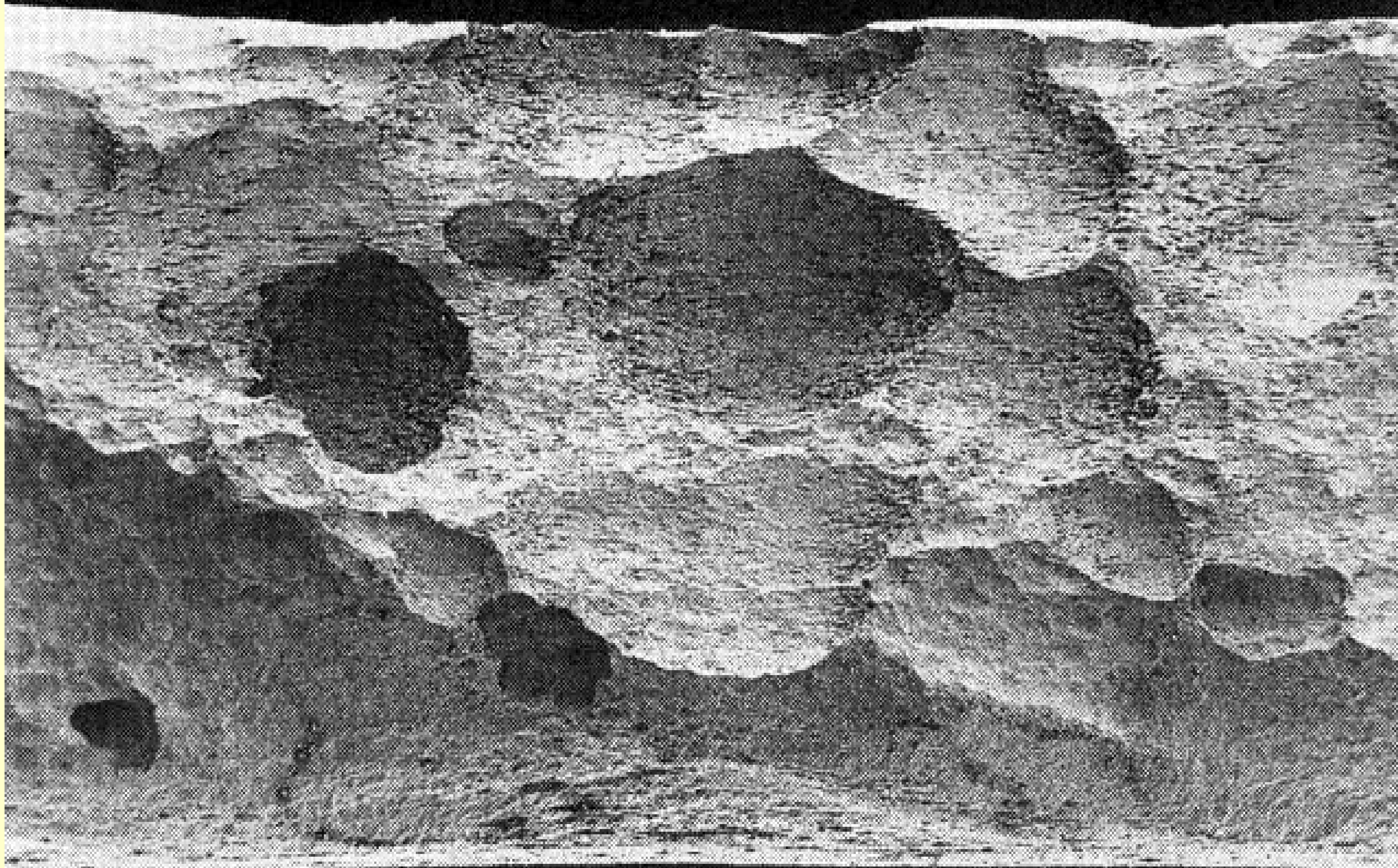
1. ábra: Acélbetét korróziója.
Forrás: *Thienel*, 2011.

Dr. Kausay Tibor

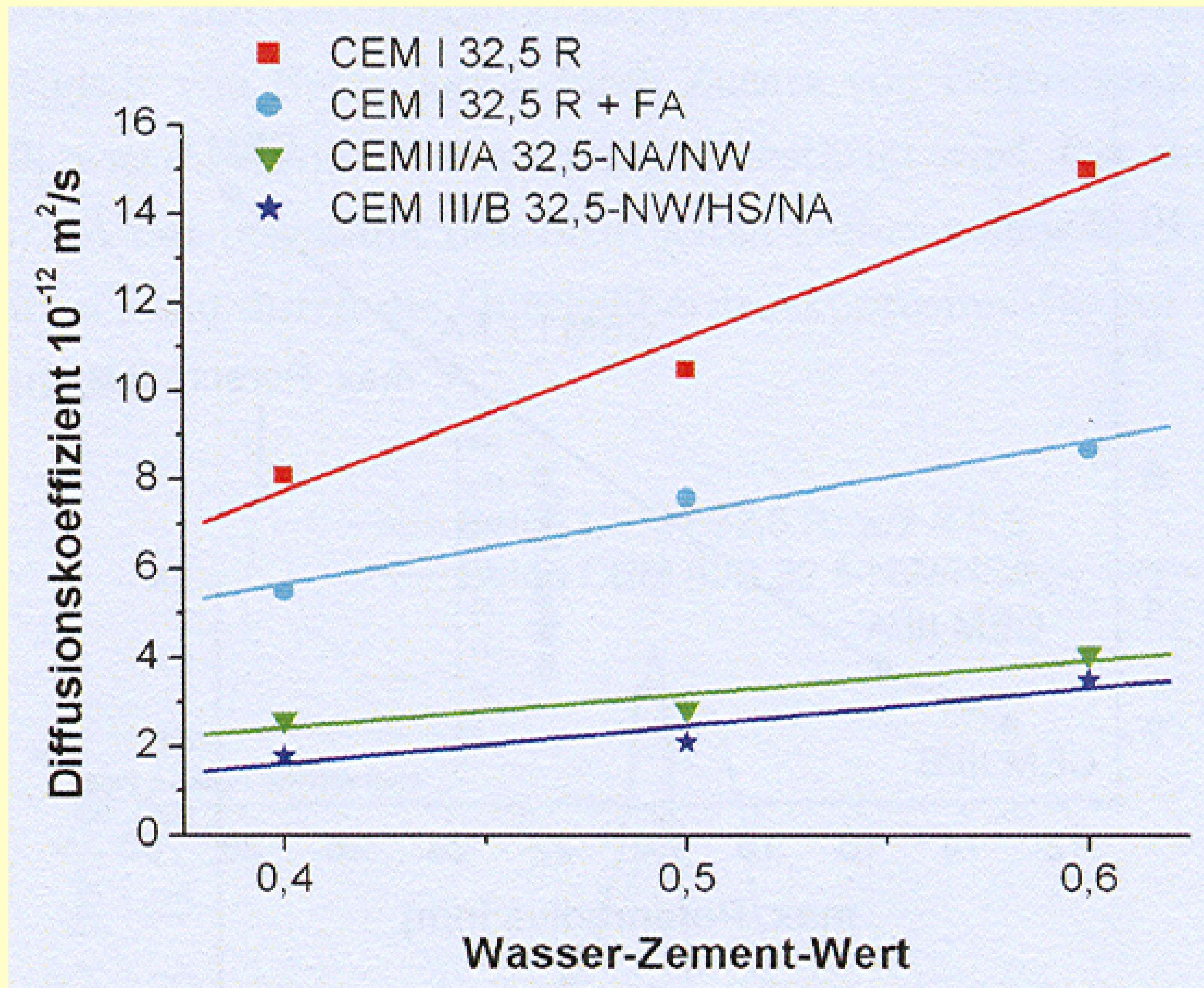


2. ábra: Lyukkorrózió elkülönülő korróziós ponttal.
Forrás:*Ch. Fischer* (2012) *Nürnberger* (1995) után

3. ábra: Lyukkorrózió összenőtt korróziós pontokkal.



Forrás: *Ch. Fischer* (2012) *Nürnberger* (1995) után



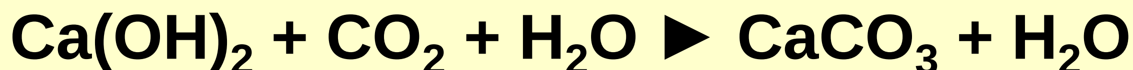
Különböző kötőanyagú, 56 napos korú betonok kloriddiffúziós együtthatója a víz-cement tényező függvényében (*Dahme*, 2006)

Kísérleti eredményeivel *dr. Kopecskó Katalin* (2006) is igazolta, hogy a kohósalakcement sóállósága lényegesen jobb, mint a portlandcementé.

MEGJEGYZÉS:

A kloridkorrózió oxidációs folyamat, oxidációs folyamatokat az elektrokémiában anódos folyamatnak nevezik. **Az anódos folyamat nem csak kloridok hatására, hanem levegő vagy hosszú idejű vízátszivárgás hatására végbemenő karbonátosodás folytán is létre jöhet.**

A karbonátosodás azonban nem elektrokémiai lyukkorrózióra, hanem *egyenletes kémiai acélbetét korrózióra* vezet. A karbonátosodás hatására, amelynek kémiai egyenlete (*Benedix,* 2008):



$$Ca(OH)_2 + CO_2 + H_2O \blacktriangleright CaCO_3 + H_2O$$

a cementkő lúgossága csökken. Ha a megsavanyodott zóna eléri a vasalást, akkor az acélbetét felületén a korábbi nagy pH folytán kialakult passzív védőréteg felbomlik, és megindul az acélbetét korróziója.

Korrosionsschutz der Stahlbewehrung (Restalkalität)

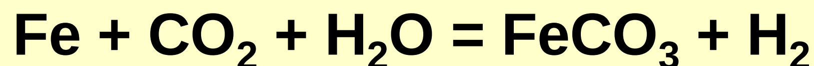
Restalkalität = Szabad $Ca(OH)_2$-tartalom, lúgosság

Die Bestimmung der Restalkalität der Betone, die für den Korrosionsschutz der Stahlbewehrung notwendig ist, erfolgt mit Hilfe der Thermogravimetrie. Die Restalkalität nach 91 Tagen darf nicht kleiner sein als 3 g $Ca(OH)_2$/100 g Bindemittel.

Typische Werte Referenzbeton mit maximaler Beständigkeit: 7 - 9 g $Ca(OH)_2$/100g Bindemittel.

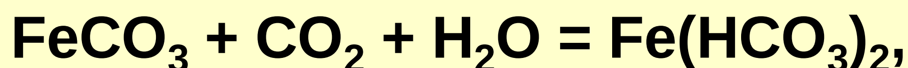
Forrás: R. Hüttl, P. Lyhs, R. Silbereisen: „Beton auf Basis CEM II mit erhöhtem Widerstand gegenüber Säureangriff” 17. Intern. Baustofftag. ibausil, Weimar, 2009. Tagungsbericht, Bd. 2. S. 295-303.

A **szénsav** **oxigén, víz vagy párás levegő jelenlétében a** **vasbeton acélbetétjének és a szerkezeti acéloknak korrózióját** **is okozza. A szénsav hatására az acélból ferro-karbonát képződik:**



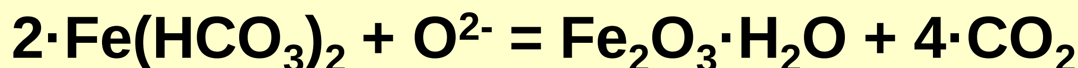
$$Fe + CO_2 + H_2O = FeCO_3 + H_2$$

Ez a reakció gyorsabban megy végbe, ha a katódon felszabaduló hidrogén-ion (H^+) nem hidrogéngázzá (H_2) alakul, hanem ionállapotból kötődik le vízzé, miközben ferro-hidrokarbonát keletkezik:



$$FeCO_3 + CO_2 + H_2O = Fe(HCO_3)_2,$$

A ferro-hidrokarbonát oxigén-ion hatására oxidálódik, és bázisos vas(III)-oxid, más néven ferri-oxid (vasrozsda) keletkezik:



$$2 \cdot Fe(HCO_3)_2 + O^{2-} = Fe_2O_3 \cdot H_2O + 4 \cdot CO_2$$

Forrás: *Biczók Imre*: „Betonkorrózió, betonvédelem" Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1956).

Megjegyzés: **A tudomány összesen 16-féle vasoxidot ismer.**

MEGJEGYZÉS:

A kloridkorrózió oxidációs folyamat, [illegible] ***s folyamatokat az elektrokémiában anódos*** [illegible] ***nevezik.*** **Az anódos folyamat nem csak kl**[illegible]**a, hanem levegő vagy hosszú idejű víz**[illegible]**tásására végbemenő karbonátosodás foly**[illegible]**.**

A karbonátosodás azo[illegible] **elektrokémiai lyukkorrózióra, hanem** [illegible] ***kémiai acélbetét korrózióra*** **vezet. A** [illegible] **hatására, amelynek kémiai egyenlete** [illegible]**):**



$Ca(OH)_2$ [illegible] **$CaCO_3 + H_2O$**

a cem[illegible]**ga csökken. Ha a megsavanyodott zón**[illegible]**ást, akkor az acélbetét felületén a korábbi nag**[illegible]**an kialakult passzív védőréteg felbomlik, és meg**[illegible] **az acélbetét korróziója.**

BETONACÉL KERESÉSE



Részletesebben lásd:
http://www.betonopus.hu/szakmernoki/171-helyszini-vizsgalat.pdf

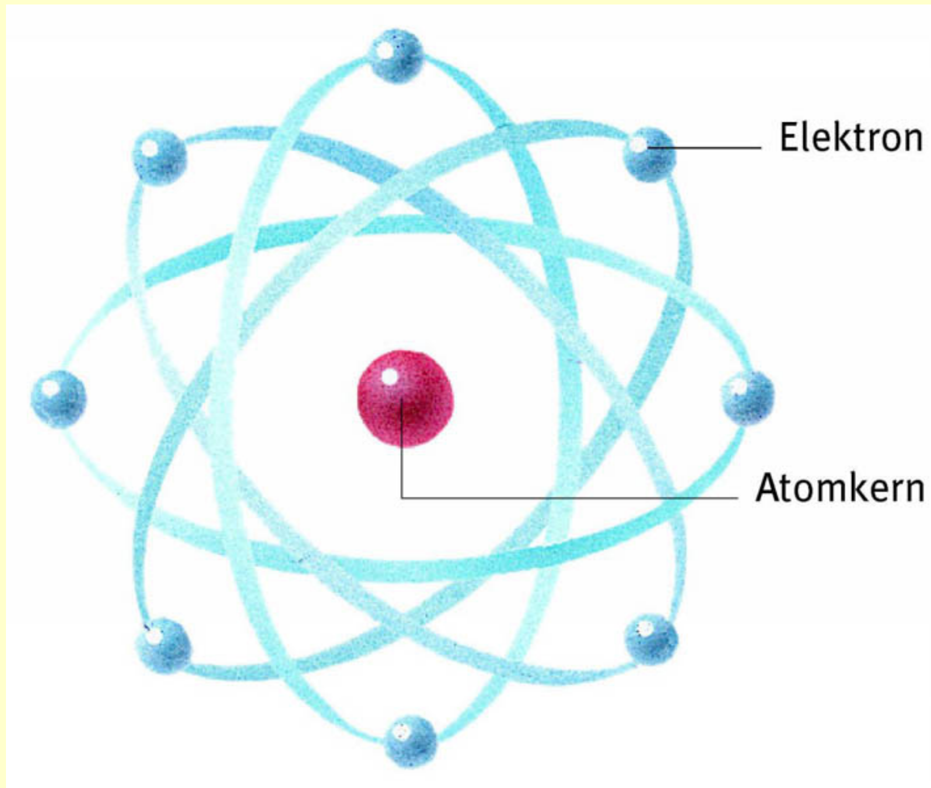
Dr. Kausay Tibor

KÉMIAI ALAPELVEK

Az atom modellje

2007/10/8 13:26

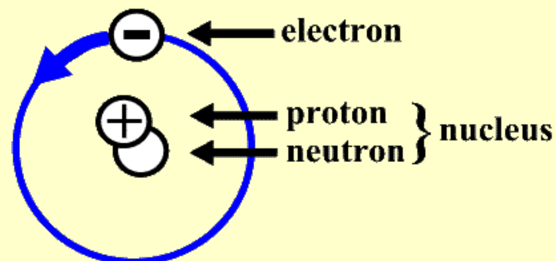
Dr. Kausay Tibor



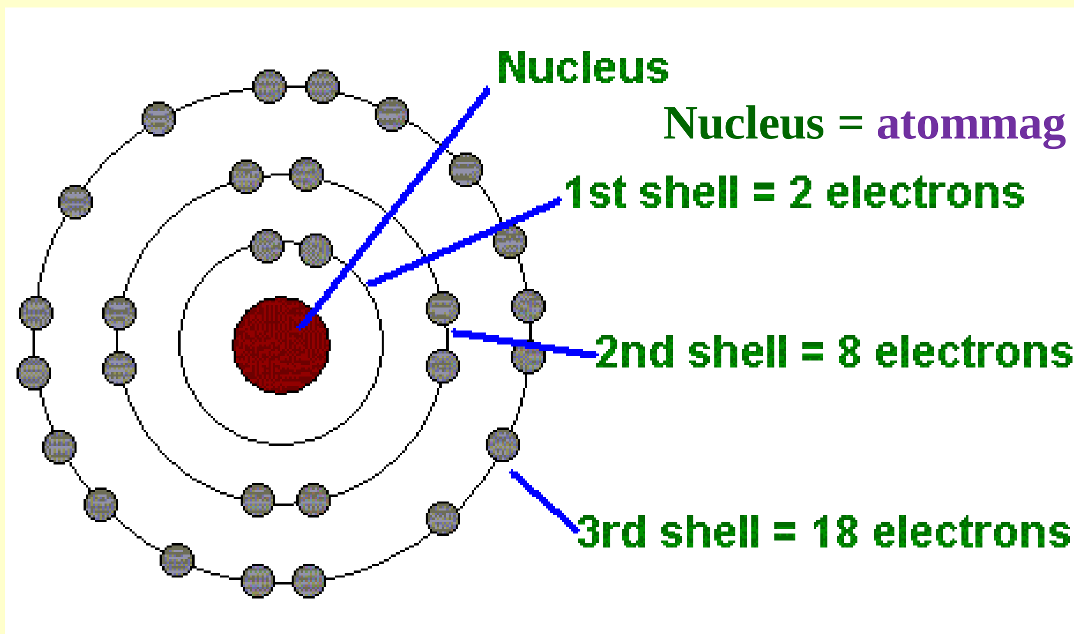
ALAPFOGALMAK

Atom - Mit dem 1911 vorgestellten Atommodell zeigte *Ernest Rutherford* das als Einheit eines Kerns mit den um ihn kreisenden Elektronen. (http://www.jameda.de/gesundheits-lexikon/elektron/)

Sir Ernest Rutherford **(Nelson, Új-Zéland, 1871. – Cambridge, Egyesült Királyság, 1937.) Nobel-díjas (1908) kémikus és fizikus. 1910-ben munkatársai kísérlete kapcsán következtetett az atommagra, majd 1918-ban a protonra, 1920-ban pedig megsejtette, hogy még egy részecskének kell lenni – utóbb ez vezet a neutron felfedezéséhez. 1931-ben kapott lovagi rangot. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Ernest_Rutherford)**

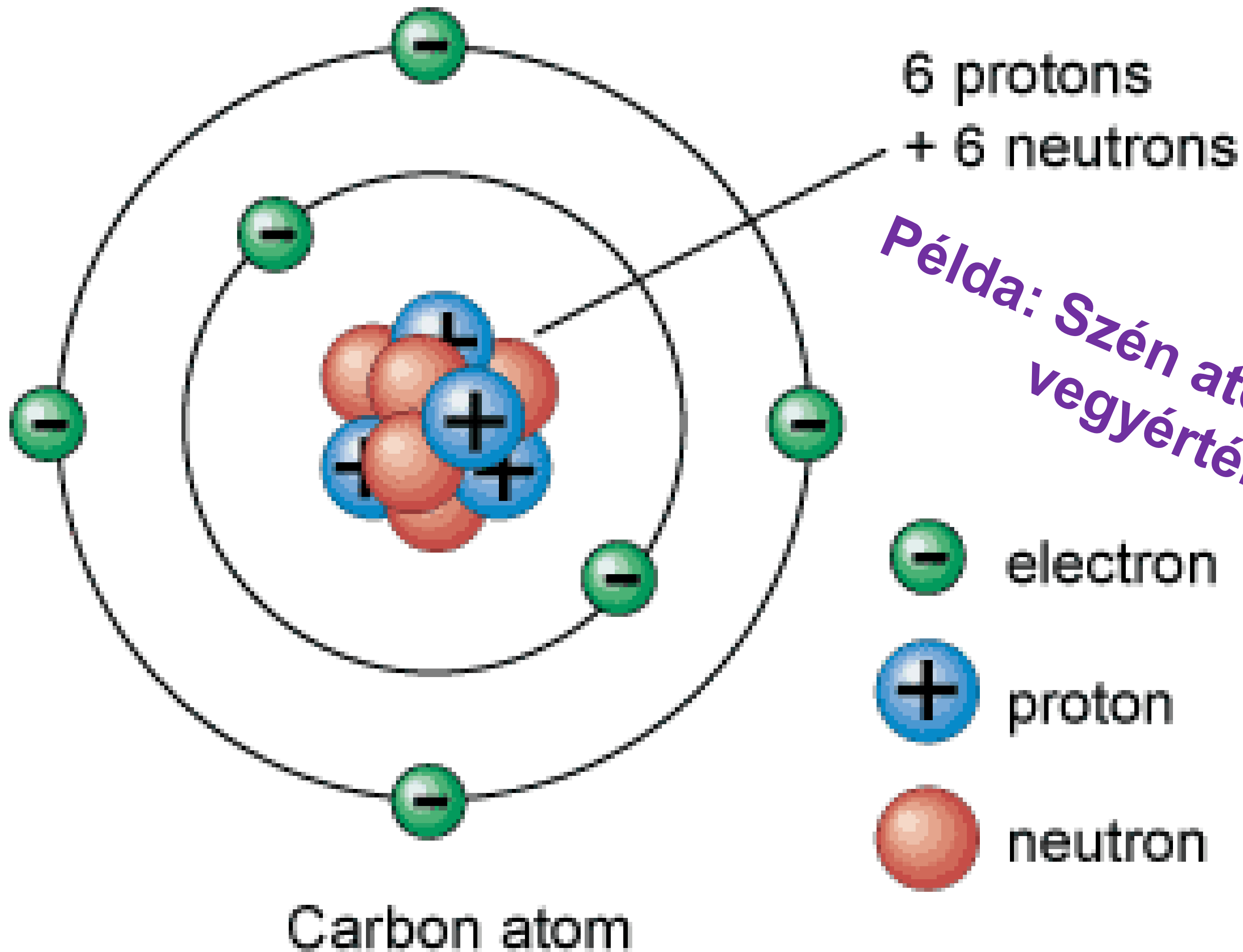


(http://www.poetryandscience.co.uk/art-science/)



Niels Henrik David Bohr **(1885-1962) Nobel-díjas (1922) dán fizikus. Rutherford elméletei alapján Bohr 1913-ban publikálta az atom szerkezetének** ***Bohr-modelljét*****, bevezetve az** ***atommag körüli pályákon keringő elektronok*** **elméletét, ahol a külső pályákon levő elektronok határozzák meg az anyag kémiai tulajdonságait. A Bohr-modell megengedte, hogy az elektronok nagyobb energiájú pályákról alacsonyabb energiájúra ugorjanak, miközben fotont bocsátanak ki. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Niels_Bohr)**

A foton az elektromágneses sugárzások, többek között a fény elemi részecskéje.



Példa: Szén atom modellje, vegyértéke: 4

(http://kernenergie.technology/definitionen/atom.html)

1869-ben az orosz kémiaprofesszor *Dimitri Ivanovich Mengyelejev* (1834-1907) és négy hónappal később a német kémiaprofesszor *Julius Lothar Meyer* (1830-1895) egymástól függetlenül készítették el az első periódusos rendszert, melyben az elemeket tömegük szerint rakták sorba. Azonban *Mengyelejev* néhány elemet a sorrendtől eltérően helyezett el, hogy a tulajdonságaik jobban igazodjanak a szomszédjaikhoz, kijavította néhány elem atomtömegét, és megjósolta a táblázat még akkor üres helyeire kerülő elemek felfedezését, és azok tulajdonságait.

A rendszer helyességét megerősítette 1875-ben a gallium, 1879-ben a szkandium, 1886-ban a germánium felfedezése, mert ezek az elemek a megjósolt tulajdonságokat mutatták. *Mengyelejevet* a 19. század végén, a 20. század elején az elemek elektronszerkezetének felfedezése igazolta.

(https://hu.wikipedia.org/wiki/Peri%C3%B3dusos_rendszer)

Software Online példaprogram © 2002 (http://www.SoftwareOnline.hu)

Az elemek periódusos rendszere

- Fémek
- Félfémek
- Nemfémek
- Nemesgázok
- Átmeneti fémek
- f elemek

Csoport	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Ia	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb			Ib	IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa
Periódus																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	7 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	Ru	5 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Unq	105 Unp	106 Unh	107 Uns	108 Uno	109 Une									
Lantanidák			58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
Actinidák			90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

Elemszám: 26 Elemnév: Vas Vegyjel: Fe

(http://termtud.akg.hu/okt/7/tudos/9atomszerk.htm)

Félfémek: fizikai tulajdonságaik a fémekre, kémiai tulajdonságaik a nemfémekre hasonlítanak.

Többségük felvezetőként használható.

Félfémek: Bór (B)

Szilícium (Si)

Germánium (Ge)

Arzén (As)

Antimon (Sb)

Tellúr (Te)

Polónium (Po)

Asztácium (At)

(https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A9lf%C3%A9mek)

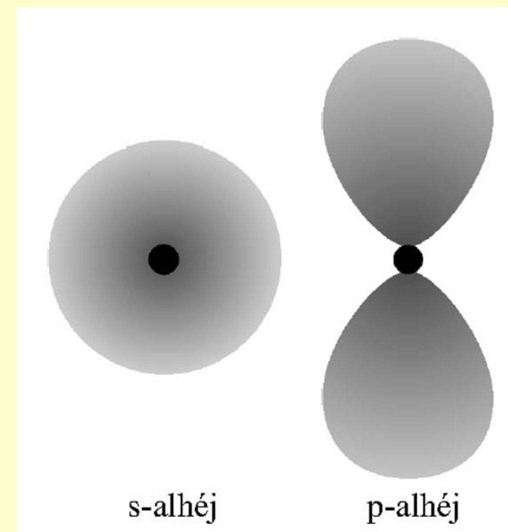
Az átmeneti fém olyan elem, melynek atomja hiányos *d* alhéjjal rendelkezik, vagy amelyből hiányos *d* alhéjú kation keletkezhet, továbbá a *cink* (Zn), a *kadmium* (Cd) és a *higany* (Hg).

Az átmeneti fémeknek általában nagy a szakítószilárdsága és sűrűsége, magas az olvadás- és forráspontja. Ezek a tulajdonságok – az átmenetifémek több más sajátságához hasonlóan – annak köszönhetők, hogy a *d* alhéj elektronjai képesek a fémrácsban delokalizálódni. Fémes anyagok esetén minél több elektron oszlik meg az atommagok között, annál erősebb a fém.

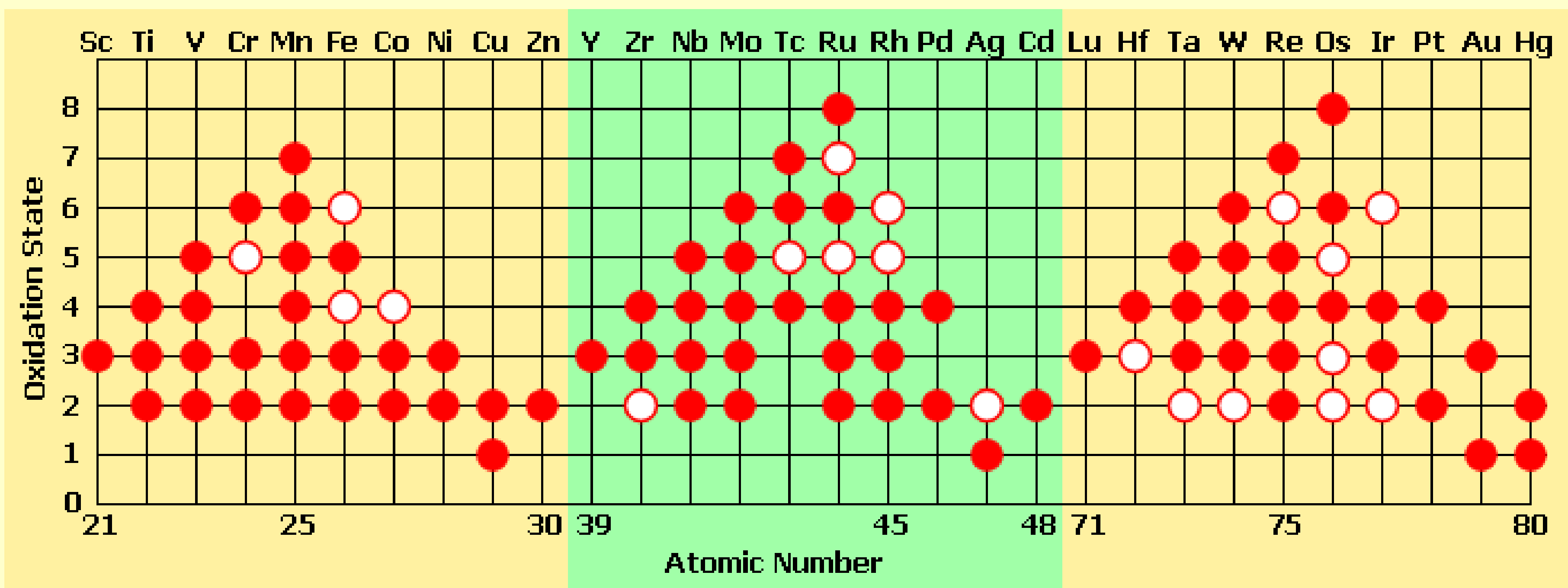
(https://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%81tmenetif%C3%A9mek)

Többelektronos rendszereknél az elektronok taszító hatása is befolyásolja az atompályák energiaszintjét, ezért a modell szerint a héjak különböző energiaszintű alhéjakra hasadnak fel. Egy héjhoz a héj sorszámától függő számú alhéj tartozik. Az 1. sorszámú K-héjhoz csak egyféle, ún. *s*-alhéj tartozik, amely *gömbszimmetrikus*; a 2. sorszámú L-héjhoz az s-alhéjon kívül *p*-alhéj is tartozik, amely *tengelyszimmetrikus*. Az előzőeken kívül a 3. sorszámú M-héjnál egy újabb, ún. *d*-alhéj, az N-héjnál *d*- és *f*-alhéj is létrejöhet. Azt, hogy az adott alhéj melyik héjhoz tartozik, a betűjelek előtt számmal jelöljük. Az azonos típusú alhéjak szimmetriaviszonyai hasonlóak, méretük azonban különbözik.

Héj	Alhéj
K	1s
L	2s, 2p
M	3s, 3p, 3d
N	4s, 4p, 4d, 4f



(http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszettudomanyok/kemia/altalanos-kemia/az-atomok-elektronszerkezete/az-atomok-elektronszerkezete)



Az ábra az átmeneti fémek egyes oxidációs számait mutatja. Az ábrán a *telt kör* az elem szokásos, az *üres kör* annak ritkábban előforduló (energetikailag kevésbé kedvező) oxidációs számát mutatja.

(https://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%81tmenetif%C3%A9mek)

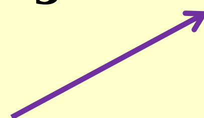
Vegyérték hagyományos (klasszikus) fogalma

A hagyományos értelmezés szerint az a szám, amely megmutatja, hogy az adott kémiai elem egy atomja hány hidrogénatomot képes lekötni vagy vegyületeiben helyettesíteni.

Ez az ún. hagyományos *vegyértékelméletet*, amely szerint az elemek atomjai vegyértékük száma szerint hoznak létre kapcsolatot más atomokkal. A stabil vegyületek esetében a vegyülő atomok egyikének sem maradhat szabad vegyértéke.

A periódusos rendszer egy-egy főcsoportjába (oszlopába) tartozó elemeknek azonos a vegyértékük:

Főcsoport	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Vegyérték	1	2	3	4	3	2	1	0



A szén a IV. főcsoportban van

A periódusos rendszerben az elemek vegyjelükkel vannak feltüntetve.

Az "a" betű jelű oszlopok a főcsoportok,

a "b" betű jelű oszlopok a mellékcsoportok.

A vegyjel feletti szám a rendszám, amely a protonok számát mutatja.

A semleges atomban a protonok és az elektronok száma azonos.

A protonok a neutronokkal együtt az atommagban, míg elektronok az elektronpályákon helyezkednek el.

Az elektronok az atommag körül pályákon keringenek. Az elektronpályák száma eltérő lehet, ezt a periódusok (sorok) mutatják. Az első periódus (sor) atomjainak (H, He) egyetlen elektronpályájuk van, a második periódus (sor) atomjainak (Li, Be, B, C, N, O, F, Ne) kettő stb. Például a nátrium a 3. periódusban (sorban) van, azaz 3 elektronhéja, a vas a 4. periódusban (sorban) van, azaz 4 elektronhéja van.

- Az **első** elektronpályán **2** elektron;
- a **második** elektronpályán **8** elektron;
- a **harmadik** elektronpályán **18** elektron;
- a **negyedik** elektronpályán **32** elektron fér el stb.

Az elektronhéj		
sorszáma	jele	maximális elektronszáma
1	**K**	$2 \cdot 1^2 = \mathbf{2}$
2	**L**	$2 \cdot 2^2 = \mathbf{8}$
3	**M**	$2 \cdot 3^2 = \mathbf{18}$
4	**N**	$2 \cdot 4^2 = \mathbf{32}$
5	**O**	$2 \cdot 5^2 = \mathbf{50}$
6	**P**	$2 \cdot 6^2 = \mathbf{72}$
7	**Q**	$2 \cdot 7^2 = \mathbf{98}$

(https://www.mozaweb.hu/Lecke-KEM-Kemia_7-Az_elektronfelho_szerkezete-100298)

A kémiai kötéseket az befolyásolja, hogy a legkülső elektronhéjon, az ún. vegyértékhéjon hány darab elektron kering. Ezt a főcsoportszám mutatja. Az első főcsoport elemeinek (H, Na, K, Rb, Cs, Fr) legkülső héján egyetlen elektron, a második főcsoport atomjainál két elektron stb.

Vegyértékhéj

Az atomok legkülső elektronhéját vegyértékhéjnak nevezzük. Az ezen található elektronok vesznek részt a kémiai reakciókban. Ezeket az elektronokat *vegyértékelektronoknak* nevezzük. Azon elemek kémiai tulajdonságai, amelyek azonos szerkezetű vegyértékhéjat, vagyis azonos számú vegyértékelektront tartalmaznak, hasonlóak

A főcsoport a kémiai elemek periódusos rendszerének *első, második csoportja*, és a *tizenharmadik csoporttól a tizennyolcadikig*. A periódusos rendszerben a főcsoport száma mutatja meg a vegyértékelektronok számát.

A főcsoportok a következők:

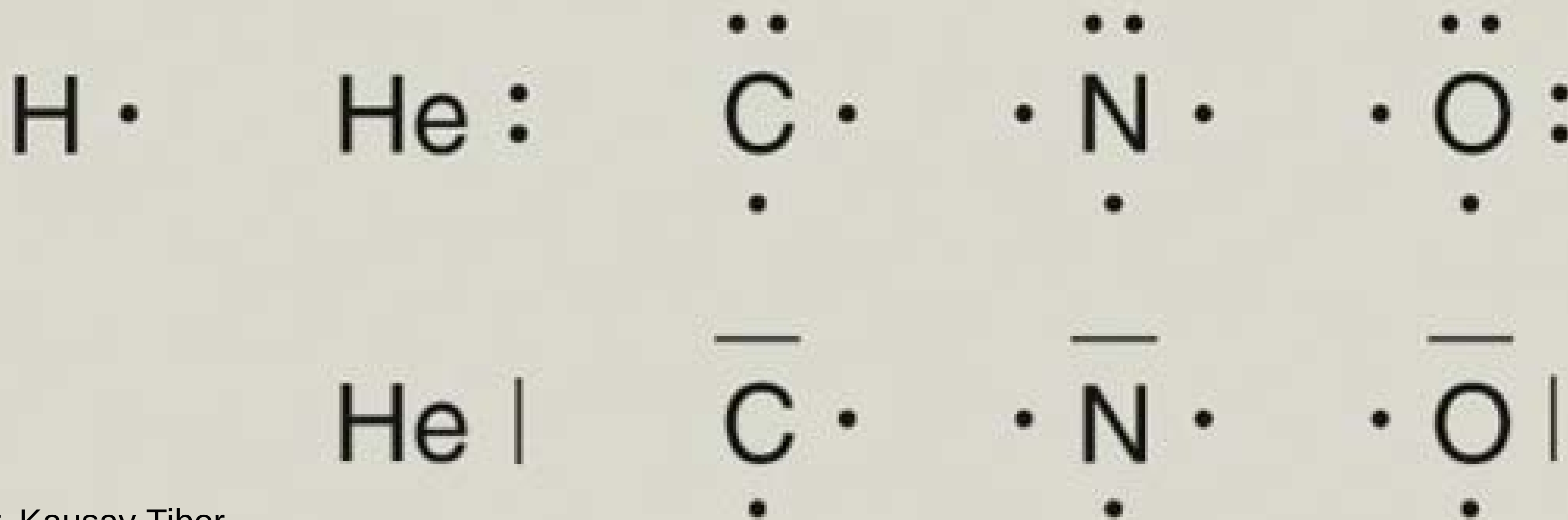
I.A Alkálifémek
II.A Alkáliföldfémek
III.A Földfémek
IV.A Széncsoport
V.A Nitrogéncsoport
VI.A Oxigéncsoport
VII.A Halogének
VIII.A Nemesgázok

A mellékcsoportok jele B

Fontos szerepük miatt szokás csupán a vegyértékelektronokat jelölni. Ilyenkor a *vegyjel köré annyi pontot rajzolunk, amennyi a vegyértékelektronok száma.*

Az atomok *vegyértékelektronjait vonalakkal is ábrázolhatjuk* úgy, hogy egy elektronpárt egy vonallal jelölünk (például Ca: vagy Ca|).

(https://www.mozaweb.hu/Lecke-KEM-Kemia_7-Az_elektronfelho_szerkezete-100298)

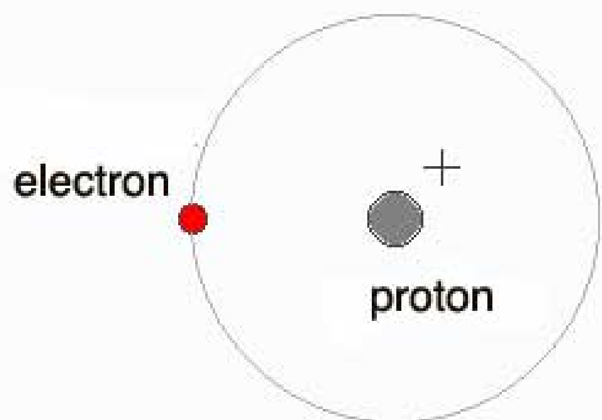


Dr. Kausay Tibor

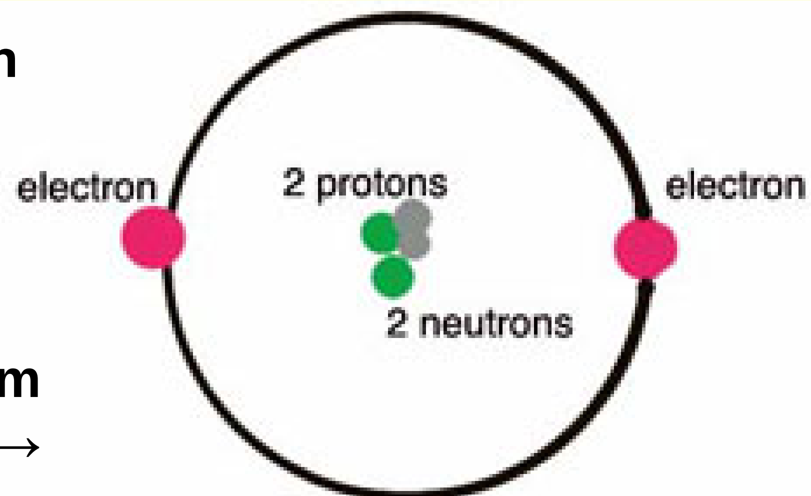
A periódusos rendszer főcsoportjainak elemei maximum 8 elektronnal rendelkezhetnek a vegyértékhéjon, 2 elektron lehet az *s* és 6 a *p* orbitálon (alhéjon). (Kivétel ez alól az 1. periódus két eleme, a *hidrogén* és a *hélium*) A 8 elektront tartalmazó vegyértékhéj (elektron oktett, vagy nemesgáz szerkezet) rendkívül stabil állapotot eredményez, az ilyen atomok (a nemesgázok) nagyon nehezen lépnek reakcióba.

Megjegyzés: Az elektron alhéjakat *s,p,d,f,g,h,i,…* betűkkel jelöljük. Az alhéjak betűjele egy ma már nem színképelemzési rendszerből ered, ahol „sharp", „principal", „diffuse" vagy „fundamental" volt a nevük a finomstruktúrájuk alapján. Később, amikor az első négy „alaptípuson" túl továbbiakat is felfedeztek, már nem akadt rájuk név, ezért alfabetikusan folytatták az elnevezést.

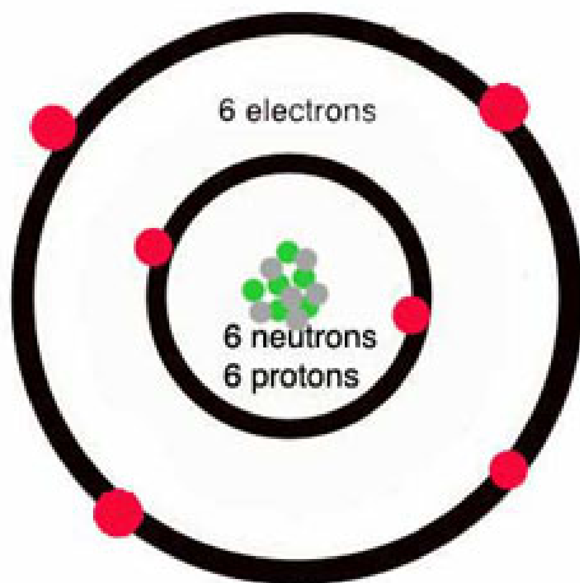
A többi atom is ilyen szerkezet elérésére törekszik, és kovalens kötés esetén közös elektronpárok által, míg ionos kötés esetén a fölös elektronok leadásával, illetve a hiányzók felvételével kialakuló ionok formájában érik azt el.



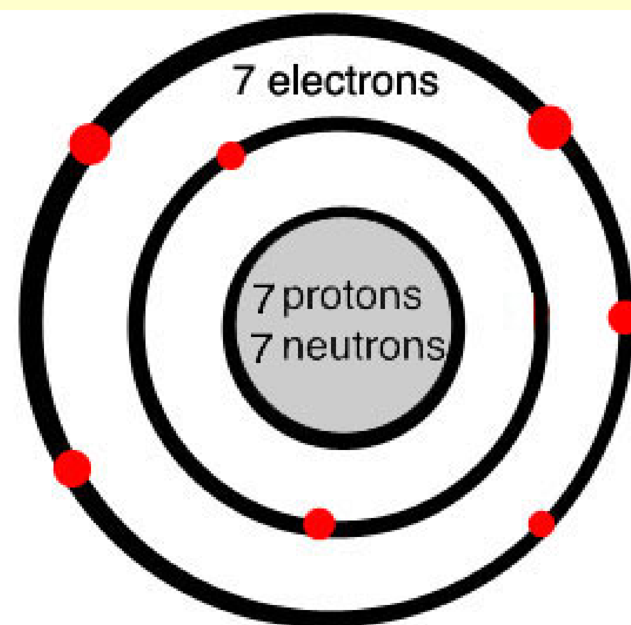
←**Hidrogén atom**



Hélium atom→

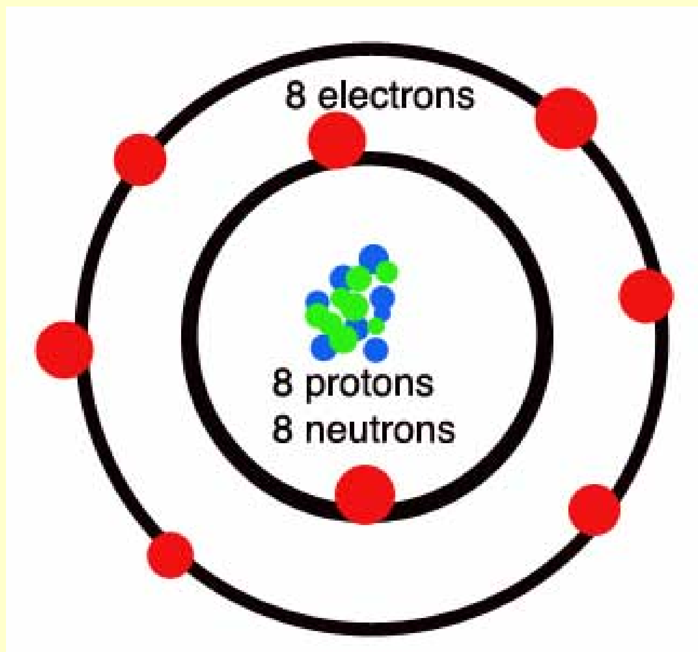


←**Szén atom**



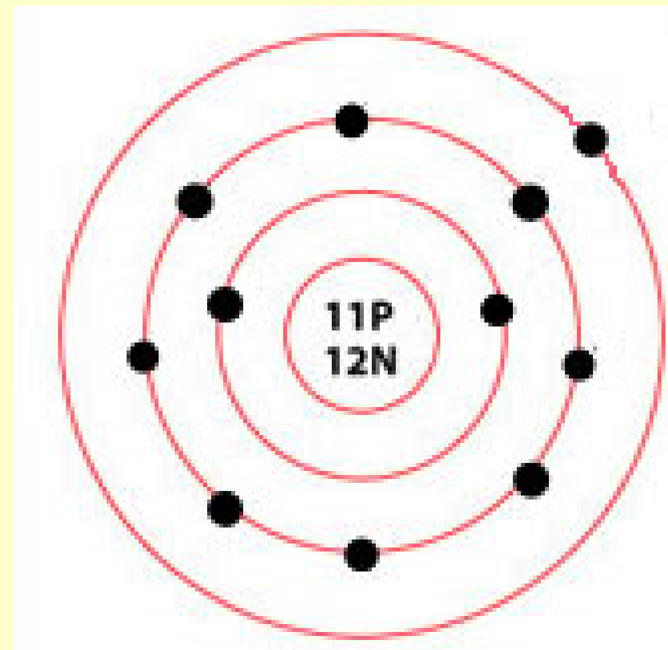
Nitrogén atom→

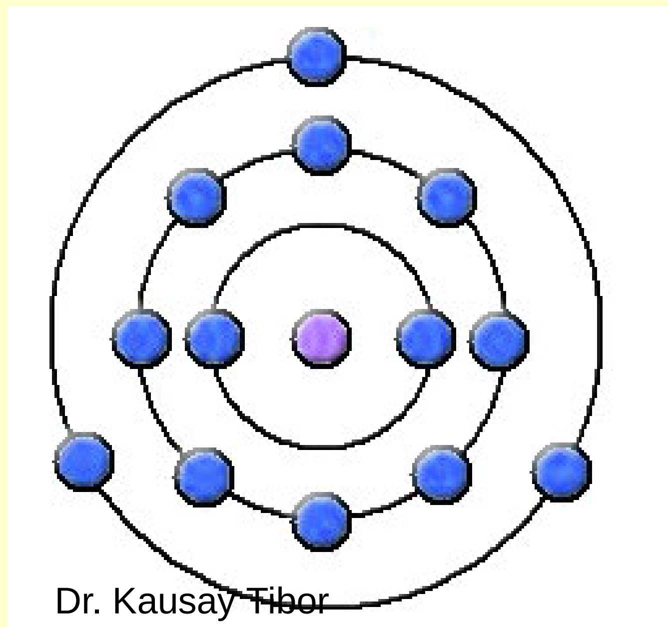
(http://quatr.us/chemistry/atoms/)



←Oxigén atom

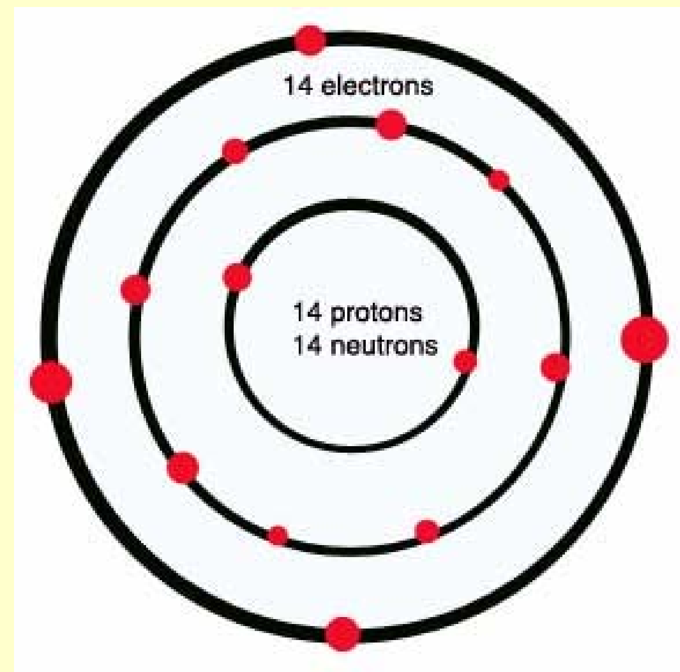
Nátrium (sodium) atom→

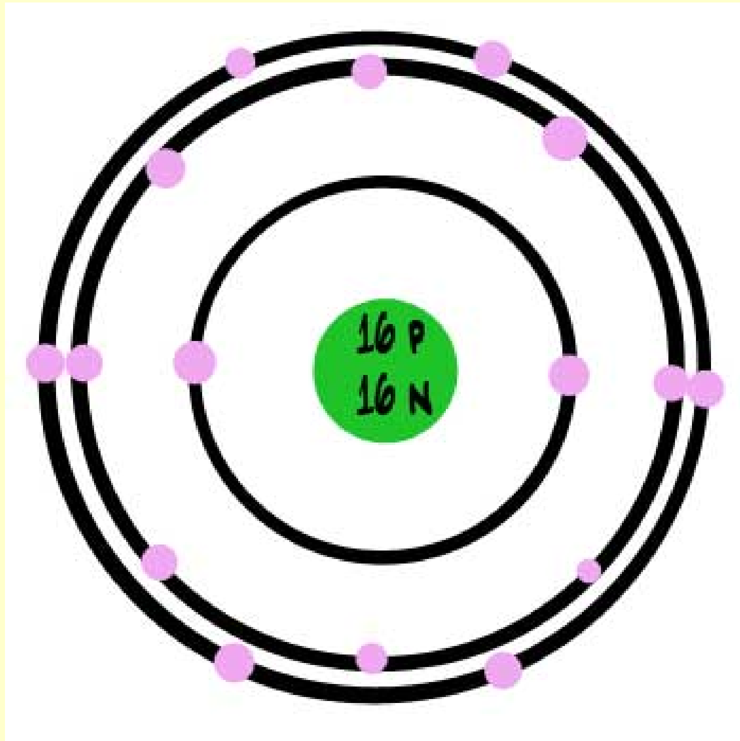




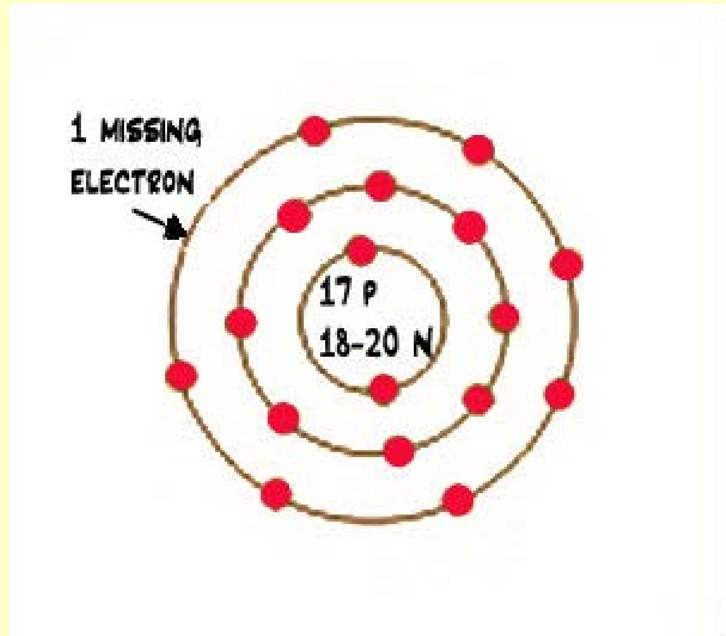
←Alumínium atom (13 elektron)

Szilícium (silicon) atom→

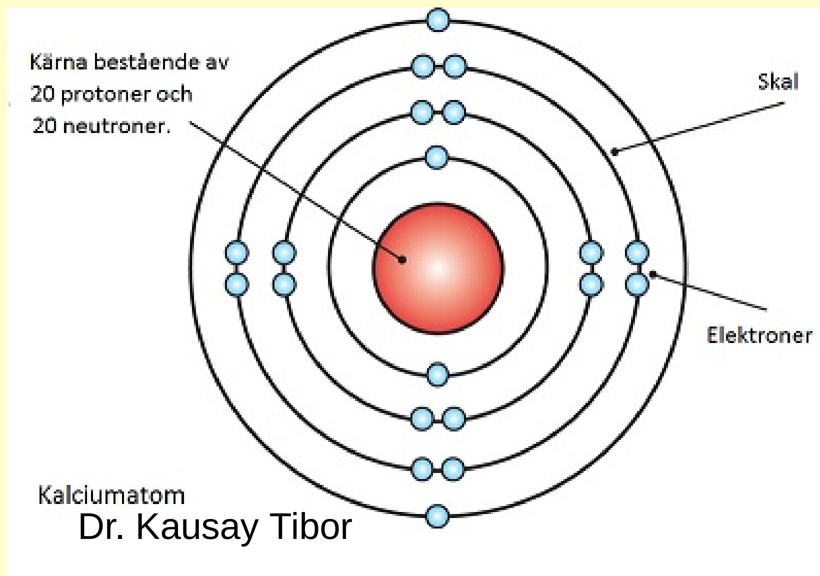




←Kén (sulphur) atom



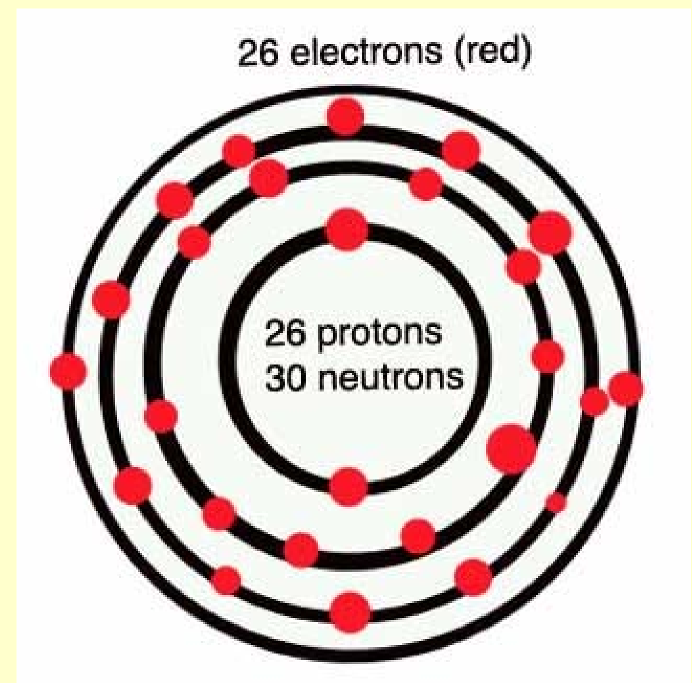
Klór (chlorine) atom→

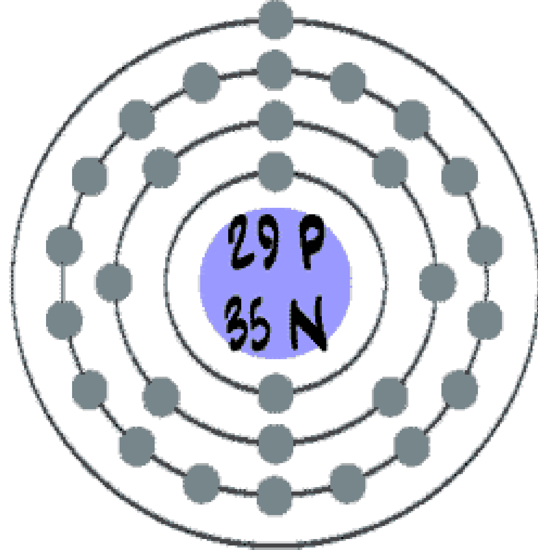


Dr. Kausay Tibor

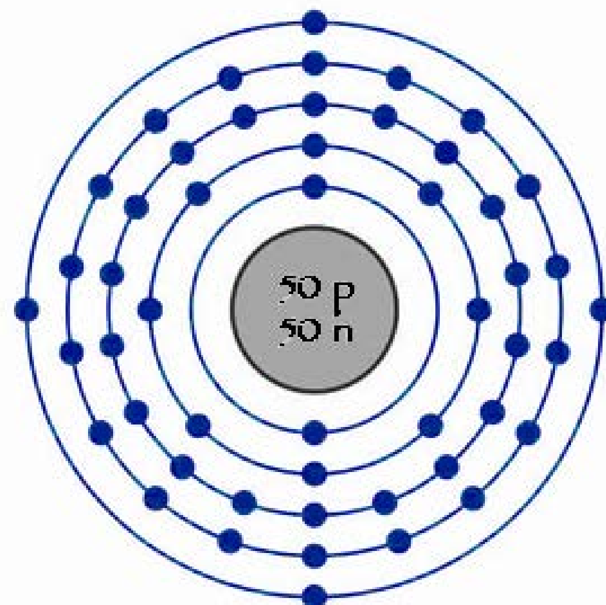
←Kalcium atom

Vas (iron) atom→

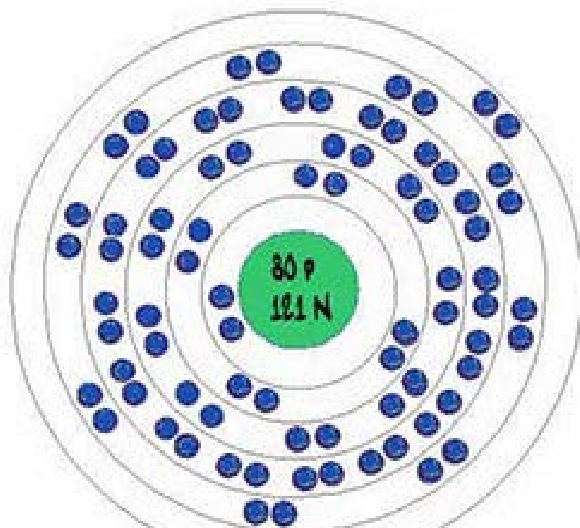




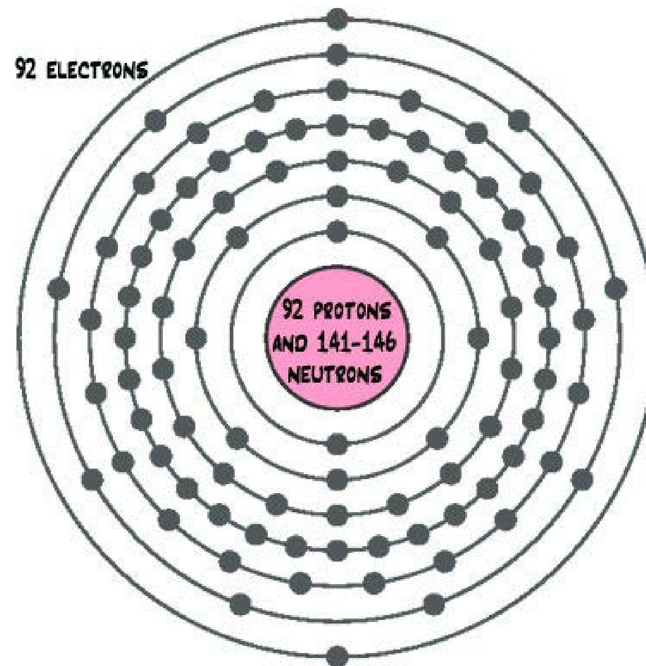
←Réz (copper) atom



Ón (tin) atom→



←Higany (mercury) atom



Uránium atom→

Dr. Kausay Tibor

Vegyérték fogalma napjainkban

A vegyérték hagyományos fogalma mára ***elavult, bár*** a hagyományos fogalom használata *eléggé elterjedt*.

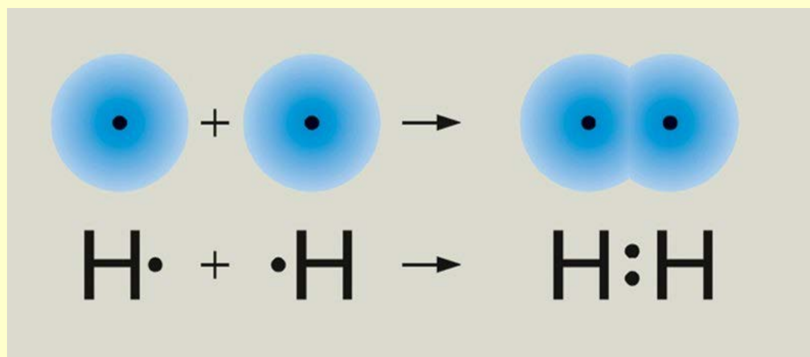
A korszerű vegyérték fogalom tulajdonképpen kötéstípusonként mást és mást jelent:

- **ionkötésnél gyakran azonosítják az ion töltésszámával,**
- **kovalens kémiai kötésnél egy molekulában az adott atomhoz tartozó kötőelektronpárok számát adja meg. Ez utóbbi esetben kovalens vegyértékről beszélünk.**

Kovalens kötés

A kovalens kötés olyan elsőrendű kémiai kötés, amelyben az atomok közös vegyértékkel rendelkeznek (ko: közös, valens: vegyértékű). Kémiai jellegükben azonos vagy különböző elemek atomjai között jön létre vegyértékelektronjaik közössé tételével.

Kovalens kötés kialakulásakor két atompálya átfedésével egy molekulapálya jön létre. Ha kettő vagy több atom vegyértékelektronjai közös pályán mozognak azt kovalens kötésnek nevezzünk. Például, ha két hidrogén találkozik, „egyesülnek”, mindkettőnek két elektronja lesz, azaz osztoznak azon a kettőn. 2 mol hidrogénatomból 1 mol hidrogénmolekula keletkezik. Tehát: H* + *H = H−H (H_2)



Ionos kötés

Az ionos kötés elsőrendű kémiai kötés, mely *ellentétes töltésű ionokat* tartalmazó anyagokban fordul elő. Az ionok közötti elektrosztatikus vonzás és taszítás szabályos szerkezetbe, ionrácsba rendezi az anyagot alkotó ionokat, melynek a rácspontjain szabályosan váltakozva *kationok* és *anionok* találhatók. A nagy kötési energia miatt az ionrácsos anyagok általában magas olvadáspontúak (például a nátrium-klorid olvadáspontja 801°C, a magnézium-oxidé 2800°C.)

Az erős kötés miatt az ionok a rácsban nem tudnak elmozdulni, ezért szilárd halmazállapotban az ionos vegyületek nem vezetik az elektromos áramot, olvadékban és oldatban azonban az ionok elmozdulhatnak, így ilyen állapotban vezetők.

Ionkötés általában egy fém és egy nemfém találkozásánál jön létre. Ennek oka főként az, hogy a fémek az I., II., és III. főcsoportban találhatóak, és az itt keletkező ionok pozitív töltésűek, elektront adnak le. Ezzel szemben a nemfém ionok többsége elektron felvétellel keletkezik, negatív töltésű.

Az ionos kötés lehet *egyszeres* (például $K^+ + Cl^- \rightarrow KCl$, a klorid-ion felveszi a kálium-ion elektronját) vagy *többszörös* (például $Mg^{2+} + 2Cl^- \rightarrow MgCl_2$, két klorid-ion veszi fel a magnézium-ion két elektronját)



Köszönöm a szíves figyelmüket…

Dr. Kausay Tibor